

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология

Александрова А. Ю. Изменения туристского геопространства в эпоху всеобщей мобильности	3
Болысов С. И., Неходцев В. А. Концепция субрельефа – рельефа подземных полостей	13
Горбаренко Е. В. Эмпирическая модель изменчивости компонентов радиационного баланса подстилающей поверхности	23

География и экология

Эдельштейн К. К., Гречушникова М. Г., Гончаров А. В. Влияние изменчивости погоды на биопродуктивность Можайского водохранилища	36
Гизатуллин А. Т., Алексеенко Н. А., Моисеева Н. А. Использование данных дистанционного зондирования для предупреждения возгораний торфопереработок	45

Региональные исследования

Чучкалов А. С., Алексеев А. И. Эффект колеи в эволюции сельских населенных пунктов Республики Марий Эл	53
Аверкиева К. В. Участие горожан в развитии сельской местности: гостевые дома на Русском Севере	66
Тихоцкая И. С., Боратинский В. И. Типология городских зон занятости в Японии	73
Мороз Е. А., Зарайская Ю. А., Сухих Е. А., Соколов С. Ю., Ермаков А. В., Абрамова А. С. Рельеф и строение верхней части осадочного чехла в районе свода Федынского по акустическим данным	82
Солодянкина С. В., Знаменская Т. И., Вантеева Ю. В., Опекунова М. Ю. Экспериментальные исследования ветровой и водной эрозии в степных ландшафтах Приольхонья	92
Артамонов Ю. В., Скрипалева Е. А., Никольский Н. В. Внутригодовая изменчивость поля температуры в Арктическом бассейне	100

Краткие заметки

Слука Н. А., Кузовлев С. С. Современный образ Парижа в русскоязычном сегменте интернета	110
Агирречу А. А. Студенческие учебные практики в первые десятилетия кафедры экономической географии СССР географического факультета МГУ	115

CONTENTS

Theory and methodology

Aleksandrova A.Yu. Changes of touristic geo-space in the epoch of universal mobility	3
Bolysov S. I., Nekhodtsev V. A. Concept of subrelief – relief of the underground cavities	13
Gorbarenko E. V. Empirical model of variability of the radiation balance components on the Earth's surface	23

Geography and ecology

Edelshtein K.K., Grechushnikova M.G., Goncharov A.V. Influence of weather variability on the productivity of water reservoir Mozhaisk.....	36
Gizatullin A.T., Alexeenko N. A., Moiseeva N. A. Using remote sensing data to monitor peat field fires	45

Regional studies

Chuchkalov A.S., Alekseev A.I. The track effect in the evolution of rural settlements in the Republic of Mari El	53
Averkieva K. V. Participation of urban dwellers in the countryside development: rural guesthouses in the Russian North	66
Tikhotskaya I.S., Boratinsky V.I. The typology of urban employment areas in Japan	73
Moroz E.A., Zarajskaya Yu.A., Sukhikh E.A., Sokolov S.Yu., Ermakov A.V., Abramova A.S. Relief and structure of the upper part of sedimentary cover in the area of the Fedynsky Rise according to acoustic data	82
Solodyankina S.V., Znamenskaya T.I., Vanteeva Yu.V., Opekunova M. Yu. Experimental studies of water erosion and deflation in steppe landscapes of the Priol'khonie	92
Artamonov Yu.V., Skripaleva E.A., Nikolskii N.V. Intra-annual variability of temperature field in the Arctic basin	100

Short communications

Sluka N.A., Kuzovlev S.S. Actual image of Paris in the Russian-speaking segment of Internet	110
Aguirrechu A. A. Practical training of students in the first decades of the Department of Economic Geography of the USSR at the MSU Faculty of Geography	115

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК: 911.3:338.48(100)

А.Ю. Александрова¹

ИЗМЕНЕНИЕ ТУРИСТСКОГО ГЕОПРОСТРАНСТВА В ЭПОХУ ВСЕОБЩЕЙ МОБИЛЬНОСТИ

В эпоху всеобщей мобильности глубокие и динамичные изменения происходят в образе и стиле жизни людей. Современный человек находится в постоянном движении и стремится обогатить собственный жизненный опыт. С этим связан растущий спрос на туристские поездки. Появляются новые виды туризма, позволяющие испытать острые эмоциональные состояния и получить незабываемые туристские впечатления. Складываются новые «пространства туристского проникновения». Цель работы – проследить, как меняется туристское геопространство с появлением новых видов туризма, характерных для современного общества впечатлений. В статье дан широкий аналитический обзор научных подходов к определению, классификации туристского пространства, установлению его границ и структуры в отечественной и зарубежной литературе. Констатируется рост интереса к данной проблематике за последнее время, расширение методологической и инструментальной базы дискурса-анализа. Выявлены развивающиеся и угасающие виды туризма. Особое внимание уделяется особенностям географии «мрачного» и паранормального видов туризма как «визитных карточек» современной экономики впечатлений. Показана трансформация структуры старых и возникновение новых туристских пространств. Сделан вывод о нелинейном характере развития туристского пространства.

Ключевые слова: география туризма, новые виды туризма, экономика впечатлений, пространство туристского проникновения, «мрачный» туризм, паранормальный туризм, городской туризм

Введение. XXI столетие – это время мобильности, сложных гибких комбинаций, разнообразных гибридных форм во всех сферах жизнедеятельности современного общества. С каждым годом растет число мигрантов в мире, а кроме того, в больших количествах перемещаются вещи, информация, деньги, образы, экологически опасные отходы и т. д. Движение этих потоков обеспечивается современными машинами и технологиями. В науке, прежде всего гуманитарной и социальной, категория мобильности стала одной из наиболее часто употребляемых, а при уточнении представлений о меняющемся обществе часто используются такие метафоры, как «кочевник», «бродяга», «турист».

Драматические, беспрецедентные по темпам и глубине перемены происходят в образе и стиле жизни людей. Их отличают повышенная активность, постоянное движение, быстрая смена мест пребывания и впечатлений. «Мобильность, как ее понимают сейчас, является свободой, купленной деньгами и образованием» [Berleant, 1992, p. 86–87]. Это свобода выбора, свобода перемещений, которые имеют сложные пространственно-временные формы проявлений. В результате таких «блужданий» появляются гибридные акторы – одновременно и новые переселенцы, и удаленные работники, и классические туристы, и рекреанты. Мобильность противопоставляется укорененности и оседлости, которые в социологической науке все чаще рассматри-

ваются как признак отсутствия какого-либо выбора и удел лиц финансово несостоятельных, немощных, необразованных [Черняева, 2009, с. 119].

Современным человеком движет стремление вырваться из рутины, серых будней и получить новый опыт. Он хочет совершить побег от действительности, из реального, упорядоченного мира, который его не устраивает, а, в конечном счете, от самого себя. Им движет не столько, как раньше, мотив накопления материального богатства, сколько острое желание испытать свежие, яркие эмоции. Он охвачен страстью коллекционирования впечатлений.

Однако эту жажду в новизне удовлетворить очень сложно. Отправляясь в путешествие, человек нацелен на то, чтобы за короткое время как можно больше увидеть, посетить, узнать, попробовать, купить, сфотографировать на память и т. д. Ускоренный ритм, в котором он пребывает, не в последнюю очередь задаваемый профессионалами турбизнеса и программой тура, предполагает поверхностное восприятие окружающей действительности. Турист получает калейдоскоп впечатлений, которые глубоко не затрагивают его чувства, тогда как именно чувственного потребления ему не хватает.

Реагируя на современные запросы туристов, турбизнес и органы управления туристскими дестинациями прибегают к специальным отработанным технологиям анимации, мифологизации, сторителлингу, созданию захватывающих воображение ру-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра рекреационной географии и туризма, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: analexan@mail.ru

котворных миров и т. д. В результате окружающая действительность превращается в выхоленную туристскую аттракцию, псевдореальность, не имеющую ничего общего с подлинной жизнью и местной культурой. «Чужие» для туриста культурные коды и смыслы в туристских программах упрощаются вплоть до китча, подвергаются «диснеизации». Так появилась, например, церемония приема в пионеры китайских туристов на родине Ленина, следующих по Красному маршруту. «Скитаясь» таким образом от места к месту, человек испытывает нарастающее разочарование. Незнакомые, впервые посещаемые места вызывают у него ощущение «дежа вю», становятся до боли узнаваемыми в силу всеобщей стандартизации.

С этим связан растущий в последнее время спрос на аутентичность во всех компонентах туристской поездки, включая размещение, питание, проведение досуга и т. д. Появляются совершенно новые виды туризма, позволяющие прикоснуться к чему-то неизведанному, испытать острые эмоциональные состояния и получить незабываемые туристские впечатления. Они вносят лепту в освоение географического пространства, в результате чего формируются новые «пространства туристского проникновения».

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы проследить, как меняется туристское геопространство с появлением новых видов туризма, характерных для современного общества впечатлений.

Материалы и методы исследований. В неустоявшемся понятийном аппарате рекреационной географии и географии туризма, наряду с пространством рекреационным, рекреационно-географическим, каникулярно-отпускным, свободного времени, отдыха и др., используется понятие туристского (туристско-рекреационного, туристско-экскурсионного) пространства. Оно не является новым в специальной литературе, однако его общепринятое определение до сих пор отсутствует. Несмотря на существующие оттенки в трактовке, среди ученых разных школ господствует представление о туристском пространстве как сегменте географического пространства и/или социально-экономического геопространства и его комплексном характере [Бреди-хин, 2010; Кружалин, 2011; Richards, 2014; Hall et al., 2014; Saarinen et al., 2017; Зырянов, 2018; и др.] (рис. 1). За рубежом многие авторы опираются на известный тезис одного из основоположников «радикальной географии» Д. Харви о том, что каждая форма активностей человека создает собственное пространство [Harvey, 1973], а следовательно, возникает огромное число пространств, а также их определений в науке. Туристское пространство, таким образом, есть продукт деятельности человека, осуществляемой с туристскими целями [Liszewski, 2009, p. 58]. Распространена также дефиниция туристского пространства как совокупности территорий, где развиваются туристские функции или существуют иные проявления туризма, а именно территорий, генерирующих туристские потоки, территорий назначения – туристских дестинаций и связывающих их

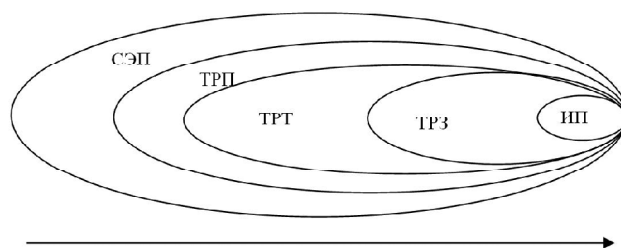


Рис. 1. Основные понятия о туристско-рекреационном освоении пространства и их соотношение [Зигерн-Корн, 2016]: СЭП – социально-экономическое пространство; ТРП – туристско-рекреационное пространство; ТРТ – туристско-рекреационная территория; ТРЗ – туристско-рекреационная зона; ИП – инвестиционная площадка

Fig. 1. Basic concepts of tourism and recreational space development and their correlation [Zigern-Korn, 2016]: СЭП – socio-economic space; ТРП – recreational space travel; ТРТ – tourism and recreation area; ТРЗ – tourism and recreation zone; ИП – investment ground

транзитных территорий [Leiper, 1979; Meyer, 2008]. Другие авторы определяют туристское пространство через его противопоставление «обычной среде пребывания человека» [Утгу, 2002; Нуй, 2008]. Эта точка зрения нашла отражение в нормативных документах Всемирной туристской организации (ЮНВТО).

В современной отечественной литературе, творчески развивающей концептуальные положения советской школы рекреационной географии, рекреационно-географическое пространство [Преображенский с соавт., 1989, с. 57–63], туристское (туристско-рекреационное) геопространство исследуются с позиций системного подхода. В его основу часто кладется территориальная туристско-рекреационная система, имеющая разные иерархические уровни – локальный, региональный, национальный и глобальный [Мажар, 2014]. Поднимается также вопрос о кластерном подходе в организации туристского пространства [Швец с соавт., 2014; Лихошерстова, 2015].

Широкий дискурс развернулся вокруг свойств туристского пространства. Л.Ю. Мажар исходит из характера туристско-рекреационной деятельности и выделяет следующие свойства туристско-рекреационного пространства: неоднородность, упорядоченность, локализованность, изменчивость [Мажар, 2014, с. 18]. Иной их перечень предлагает И.И. Пирожник: гетерогенность и комплексность, открытый характер по отношению к другим видам пространства, целостность, сезонность функционирования, иерархический характер территориальной организации, динамизм [Пирожник, 2006, с. 136].

По составу элементов туристское пространство чрезвычайно неоднородно. Его «составляют разнообразные элементы: достопримечательности, туристская инфраструктура, туристские маршруты, продукты, услуги и многое другое. Все эти элементы имеют разную природу, функциональные и иные особенности, но вместе с тем совокупно они формируют туристское пространство каждой территории (континента, страны, региона, города и пр.)» [Джанджугазова, 2010, с. 67]. С географической точки зре-

ния оно состоит из очаговых, линейных, дисперсных и площадных элементов. Точечные (дискретные) элементы представлены туристскими центрами и локальными туристскими объектами, линейные – туристскими маршрутами, а площадные (ареальные) элементы связаны с туристско-рекреационными зонами и районами [Дунец, 2015, с. 88]. Структура туристского пространства, как и его состав, отличается сложностью [Александрова, 2016].

Научное представление о туристском пространстве развивается в концепциях туристского центра и туристско-рекреационного районирования. Последнее традиционно используется в нашей стране в качестве главного метода изучения туристского пространства.

Многие ученые полагают, что речь должна идти о туристских пространствах во множественном числе, и выдвигают разные подходы к их типологии. В литературных источниках различается пространство туристской дестинации и транзитное пространство; организованное и неорганизованное; моно- и гибридное, многофункциональные туристские пространства; туристские пространства, подверженные сезонным «сжатиям» и «расширениям», с одной стороны, и сравнительно стабильные в течение года – с другой; в зависимости от ресурсной обеспеченности – природное, культурное и антропогенное туристские пространства и т. д. [L'espace touristique, 1999; Więckowski, 2014, p. 20–22; Сологуб с соавт., 2016, с. 132].

В последнее время под влиянием исследований в области социологии и психологии появляются новые подходы в типологии туристских пространств, учитывающие как реальное, так и ментальное основания. Например, А. Ковальчик различает:

- индивидуальное туристское пространство (tourist's space);
- коллективное туристское пространство (tourists' space);
- туристское пространство в узком смысле (tourism space sensu stricto) – «объективно существующая часть географического пространства, которая, благодаря имеющемуся потенциалу, (субъективно) воспринимается туристами как attractive и используется ими в туристских целях»;
- туристское пространство в широком смысле (tourism space sensu largo), т. е. с учетом тех последствий в природной, социальной и экономической сферах, к которым приводит туристская деятельность [Kowalczyk, 2014, p. 11].

Первые два типа туристских пространств – ментальные. То, как воспринимают окружающий мир туристы, зависит от их индивидуальных качеств и от многих других культурных детерминант. Остальные – реальные. Согласно автору, они существуют объективно и «материализуются».

Сходная типология приводится в статье Т.В. Черевичко: пространство индивида или группы отдыхающих, пространство определенного вида туристско-рекреационной деятельности, пространство отдельных компонентов туристско-рекреационной системы [Черевичко, 2015].

Туристское пространство как сложная система обладает способностью к развитию/саморазвитию. В процессе эволюции оно проходит несколько этапов. Опираясь на работы С. Лишевского, Б. Влодарчик разработал циклическую модель изменений туристского пространства, в которой выделил следующие стадии:

- пространство дотуристское (нетуристское);
- пространство разведки (начало изучения и туристского освоения);
- пространство проникновения (доминирование познавательного туризма, краеведческой деятельности и кратковременного отдыха; привлечение инвестиций);
- пространство ассимиляции (характерно для сельской местности, где туристы вступают в прямой контакт с местным населением и адаптируются к окружающей среде; формы летнего загородного отдыха или агротуризм);
- пространство колонизации (строительство объектов туристской инфраструктуры, «вторых домов» и центров отдыха; большой приток туристов и их «агрессивное» отношение к окружающей среде);
- пространство урбанизации (переселение людей на постоянное местожительства; сокращение туристского потока);
- послетуристское (нетуристское) пространство [Włodarczyk, 2014, p. 31–33].

Л. Бутовский [2014] использовал циклическую модель Б. Влодарчика применительно к пространству морского туризма. Он выделил океанические пространства туризма на стадии разведки; шельфовую зону – пространство проникновения; внутренние воды – пространство ассимиляции; колонизируемую береговую линию и береговое пространство урбанизации, которые среди прочего различаются уровнем концентрации туристов (рис. 2).

А. Ковальчик [2000] графически представил стадии развития туристского пространства – разведки и проникновения, а также добавленные им стадии сегрегации и специализации (рис. 3).

Динамические процессы в туристском пространстве обусловлены комплексом факторов. Лучше изучено влияние глобализации на отдельные элементы, связи и отношения, формирующие структуру туристского пространства [Воронкова, 2016].

Результаты исследований имеют как теоретическое, так и не менее важное практическое значение. Они применялись при разработке концепций, стратегий и программ развития туризма в России и отдельных ее регионах.

Настоящее исследование проводилось с использованием комплекса методов. Применялись общенаучные методы анализа, синтеза, сравнения. Изучалась отечественная и зарубежная специальная литература. Выполнялись полевые исследования методом наблюдений в ряде туристских дестинаций, находящихся на разных этапах жизненного цикла. Проводились экспертные опросы.

Большую проблему при написании статьи составлял сбор статистической информации. Совер-

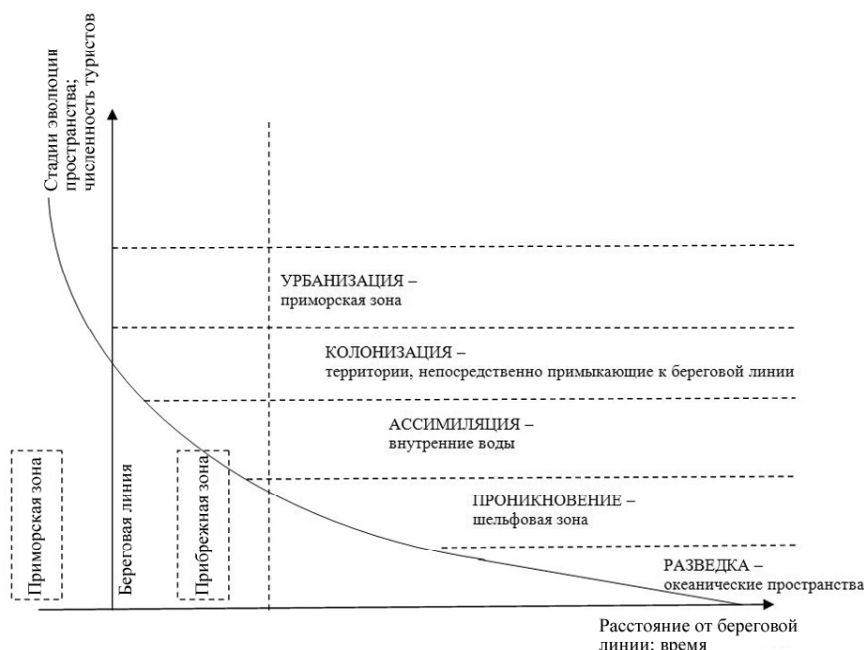


Рис. 2. Стадии туристского освоения водного пространства и численность туристов как функция расстояния от береговой линии и времени, необходимого для его покрытия [Butowski, 2014]

Fig. 2. Stages of maritime tourism space development and number of tourists as a function of time and distance from coastline [Butowski, 2014]

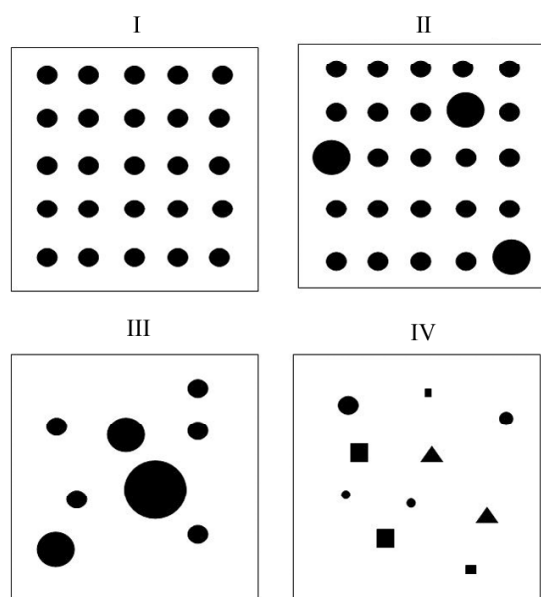


Рис. 3. Графическое представление стадий развития туристского пространства: I – разведки; II – проникновения; III – сегрегации; IV – специализации [Kowalczyk, 2000]

Fig. 3. Graphic illustration of tourism space development stages: I – exploration; II – penetration; III – segregation; IV – specialization [Kowalczyk, 2000]

шенствование статистического учета является одной из главных задач в туризме. Особенно остро вопрос стоит в отношении специальных видов туризма, о которых идет речь в данной работе.

Результаты исследований и их обсуждение. Главный фактор, определяющий трансформацию

современного туристского геопространства, – это изменение в мотивации и спросе туристов, которые получили воплощение в новых видах туризма. В 1950–60-е годы туризм приобрел массовый демократический характер. Большие туристские потоки из стран Северной Европы устремились на побережье Средиземного моря. В это время в Великобритании впервые появились чартерные программы, существенно удешевившие авиапутешествия. В Испании и Франции реализовывались масштабные инвестиционные проекты, развернулось строительство приморских курортов. Туроператоры поставили на «конвейер» производство недорогих стандартизированных пакетов туристских услуг. Коренные изменения в туристском спросе под влиянием комплекса факторов, в первую очередь социально-экономических, привели к возникновению современной индустрии туризма. Однако сам спрос был неразвит и ограничивался практически исключительно купально-пляжным отдыхом. Такое времяпрепровождение в отпуске описывается моделью 3S (Sea–Sun–Sand, море–солнце–пляж).

По мере накопления человеком туристского опыта его спрос на путешествия становился более разнообразным. К концу XX столетия модель 3S постепенно заместилась на 3L (Lore–Leisure–Landscape, традиционные знания–досуг–ландшафт). Хотя спрос на купально-пляжный отдых по-прежнему доминировал, у туристов возник интерес к местной культуре и природным территориям. Туристское пространство существенно расширилось, сформировался глобальный рынок международного туризма.

В XXI в. туристский спрос вновь переживает глубокие изменения, и, как отмечалось выше, ту-

ристы превращаются в «охотников за впечатлениями». Трансформация ценностно-мотивационных установок туристов показана на рис. 4. Эпоха впечатлений открыла перед туризмом новые горизонты развития (рис. 5), связанные с трансформацией как туристского спроса и предложения, так и с новой фазой в циклическом развитии туристского пространства.

Благодаря появлению прежде неизвестных видов туризма или росту спроса на ранее непопулярные туристские занятия усиливается тренд к расширению туристского пространства, несмотря на отдельные краткосрочные периоды его «сжатий». Пространства «туристской разведки» и «туристского проникновения» охватывают теперь такие территории, которые раньше были совершенно нетуристскими. С недавних пор туристские функции приобрели места, связанные со смертью и страданиями людей. Осмотр кладбищ, саркофагов, мертвых тел и человеческих останков, мест катастроф и т. д. часто продиктован любопытством и одновременно взрывной эмоциональной реакцией, ужасом. В последнее время этот «мрачный» туризм (Dark tourism) наполняется новым содержанием – познавательно-воспитательным и патриотическим.

В международные рейтинги направлений «мрачного» туризма входит мемориал Аушвиц-Биркенау, Польша; бывший Семипалатинский испытательный ядерный полигон, Казахстан; место крушения «Титаника», Северная Атлантика; высыхающее Аральское море, Казахстан/Узбекистан и т. д. В 2017 г. топ-направления «мрачного» туризма пополнил Санкт-Петербург, дворец Юсуповых на Мойке с экспозицией «Убийство Распутина» [Петербург ..., 2017].

После самого разрушительного урагана в истории США Новый Орлеан, оказавшийся в самом эпицентре стихийного бедствия, стал новой туристской дестинацией на карте Америки, входящей в топ-лист. По данным региональной туристской статистики, в 2017 г. туристский поток в город составил 17,7 млн поездок, а прямые доходы от туризма оценивались в 8,7 млрд \$ с положительной последующей динамикой [New Orleans ..., 2018]. В том же году примерно 100 тыс. иностранных (без учета внутренних «мрачных») туристов посетили район Фукусимы в Японии [Ryall, 2018], где в результате землетрясения и последовавших за ним цунами и аварией на АЭС погибло около 16 тыс. человек, пропало без вести 2,6 тыс. и было ранено 6,2 тыс., а



Рис. 4. Ожидаемая динамика развития рынка туризма в России: развивающиеся и угасающие виды туризма в 2012–2030 гг. по [Мельник, 2013] с изменениями и дополнениями

Fig. 4. Expected dynamics of tourism market development in Russia: developing and declining types of tourism in 2012–2030 [Mel'nik, 2013 – revised and expanded]



Рис. 5. Новые возможности развития туризма в обществе впечатлений по [Stasiak A., 2013, p. 60] с добавлениями и изменениями

Fig. 5. New opportunities of tourism development in the experience society. [Stasiak A., 2013. p. 60] revised and expanded

также полностью или частично был разрушен 1,1 млн объектов капитального строительства.

Но, пожалуй, наиболее ярким примером «мрачного» туризма служит посещение туристами района Чернобыля, загрязненного в результате катастрофы на АЭС в 1986 г. и на протяжении четверти века строго запрещенного для въезда. Однако с начала 2000-х годов некоторые турагентства стали предлагать туры в «мертвую зону» с осмотром экспозиции музея Чернобыля в Киеве, самого г. Чернобыль, атомной электростанции на расстоянии, города-призрака Припяти, кладбища техники, остатков заброшенных деревень и др. В 2018 г., по данным Минэкологии Украины, место катастрофы посетили 63 тыс. человек [Пустовойтов, 2019]. Особенно возрос туристский поток после выхода киносериала «Чернобыль». Летом 2019 г. Президент Украины В. Зеленский подписал указ о новом статусе Чернобыля и свободном посещении Чернобыльской зоны отчуждения туристами.

География другого нового нишевого вида туризма – паранормального – также отличается большим своеобразием. Паранормальный туризм еще не получил четкого определения и пока используется специалистами как собирательное понятие. Он включает разные виды занятий туристов и разные формы их организации, в том числе территориальные. В качестве подвидов паранормального туризма рассматриваются «призрачный» туризм с посещением мест (домов, отелей, кладбищ, развалин замков и т. д.), известных благодаря легендам о встречах с привидениями; «уфологический» – в поисках внеземных цивилизаций, неопознанных летающих объектов и следов присутствия инопланетян на Земле; «криптозоологический», объединяющий людей, интересующихся легендарным «снежным человеком», лох-несским чудовищем и т. д.; «парапсихологический» – для занятий телекинезом, «общения с душами умерших», развития экстрасенсорных способностей и познания прочих явлений, не имеющих научного объяснения.

Интерес к паранормальному туризму подогревается сообщениями в СМИ, социальных сетях и

специальными телепрограммами. Предлагаются туры паранормальной тематики с очень широкой географией, охватывающей все туристские макрорегионы мира. К известным его центрам относятся в Европе Монпелье-Хилл в графстве Дублин (Ирландия), где сохранились развалины охотничьего домика, облюбованного в свое время членами тайного «Клуба адского пламени», катакомбы Парижа с останками 6 млн человек, «замок ведьм» Мушам в Австрии и др. В Америке (США), Африке, Австралии также существуют спрос и предложение паранормальных туристских услуг – посещений и экскурсий, а иногда ночлега в домах с привидениями, психиатрических клиниках и т. д. Во многих странах Азии, особенно в Таиланде, Малайзии, Камбодже и Индонезии, бурное развитие паранормального туризма объясняется широко распространенной среди местного населения верой в существование призраков и духов.

В статье приведены примеры «мрачного» и паранормального туризма как «визитных карточек» эпохи впечатлений. Но к этой же группе эмоционально насыщенных видов туризма можно отнести событийный, гастрономический, спортивный (фан-туризм), приключенческий, креативный и др. Они также вносят лепту в формирование и развитие туристского пространства. Их специфика, в том числе в территориальной организации, лучше освещена в специальной литературе.

Помимо расширения современное туристское пространство характеризуется тенденцией к дефрагментации, преодолению дискретности и усилению его упорядоченности и связности. Туристские потоки более равномерно распределяются по территории, заполняя свободные пространственные ниши. Наиболее показательны в этом отношении трансформации городских туристских пространств.

Еще совсем недавно городской туризм предполагал посещение исторического центра города, где обычно концентрируются самые известные достопримечательности. Сегодня же туристы все чаще избегают традиционных туристских городских районов, прикрытых глянецом, сильно коммерциализи-

рованных, лишенных какой бы то ни было аутентичности и превращенных в мини-диснейленды. Они стремятся проникнуть в «обычные», не туристские районы и окунуться в настоящую жизнь местных жителей. Такой тип путешествий иногда называют «туризм в глуши» [World Tourism Cities ..., 2009]. Подчас туристов привлекают самые бедные кварталы, люмпенские и криминальные районы с их подлинной атмосферой, которые таким образом включаются в городское туристское пространство. Такое поведение туристов не в последнюю очередь объясняется развитием альтернативных форм размещения, гостевых сетей и путешествий по обмену типа каучсерфинга (CouchSurfing), а в последнее время он-лайн платформы для аренды жилья AirB&B, когда турист находится в более тесном контакте с хозяевами.

В Москве, например, туристскому освоению городского пространства помогают оригинальные предложения москвичей: экскурсии по столичным крышам, по заброшенному городу, по районам, известным криминальным прошлым, с диггерами по старинным коллекторным рекам Москвы и др. Новые туристско-рекреационные зоны сложились в Москве благодаря ревитализации промышленных территорий и перепрофилирования значительных площадей под центр современного искусства «Винзавод», дизайн-завод «Флакон», креативное пространство на месте кондитерской фабрики «Красный Октябрь» и др.

Появление новых видов туристской деятельности не обязательно сопряжено с экстенсивным расширением туристского пространства. Часто они возникают на уже существующем туристском пространстве, усложняя его структуру. Стратегия диверсификации и в специальной литературе, и на практике рассматривается как приоритетная в пространственном развитии туризма. Действительно, во многих случаях новые и старые виды туризма, органично дополняя друг друга, придают большую устойчивость территориальной туристской системе, позволяют, например, сгладить сезонные пики и спады. Так, в Большом Сочи, чтобы задействовать объекты посталимпийского наследия и окупить вложенные инвестиции, был существенно расширен спектр туристской деятельности. К традиционным купально-пляжному туризму и санаторно-курортному лечению добавились событийный, спортивный, экскурсионный, образовательный, конгрессно-выставочный, экстремальный и другие виды туризма. Однако так бывает не всегда и не везде.

Разные виды туризма могут вступать в конкуренцию друг с другом за пространство, другие экономические ресурсы, потребителя и др. В упоминавшемся выше Большом Сочи планы расширения курортов «Роза-Хутор» и «Газпрома» в горном кластере за счет изъятия 25 тыс. га из охраняемых территорий Заповедного Кавказа приведет, по оценкам специалистов, к угрозе выживаемости целого ряда популяций хищников и крупных копытных, увеличению концентрации взвешенных веществ в реках, нарушению почвенно-растительного покрова

и пр. Интенсивное развитие горных и горнолыжных видов отдыха, которое сопряжено со строительством горнолыжных трасс, подъемников и других объектов туристской инфраструктуры, вступает в противоречие с требованиями охраны окружающей среды и предпосылками развития экологического туризма на этой территории [Хорошев, 2017].

Не только конфликтное, но и «мирное сосуществование» разных видов туризма таит угрозу кризиса. В частности, синергетический эффект совместного развития может быть столь высоким, что способен привести к возникновению «сверхтуристского» пространства [Александрова, 2018]. Сегодня ряд таких известных туристских дестинаций, как Барселона, Венеция, Дубровник и др. стали заложниками собственной очень высокой популярности у туристов. Генерируемые ими потоки посетителей превышают предельную емкость туристской территории, что приводит к конфликтам гостей с местным населением, перегрузкам объектов туристской и общегородской инфраструктуры, ухудшению экологической ситуации и пр. В России также ряд туристских центров в разных регионах страны, например, Санкт-Петербург, Суздаль, одна из самых красивых деревень России – Кинерма, уже стоят на пороге сверхтуризма или фиксируют чрезмерные туристские потоки в пик сезона и во время событийных мероприятий. Эти кризисные явления нуждаются в дальнейшем осмыслении и свидетельствуют о необходимости поиска новой парадигмы развития туризма.

Выводы. Трансформация процессов формирования туристского пространства и его использования является результатом глубоких изменений в потребностях, системе ценностей, образе и стиле жизни современного человека. Сегодня туристские пространства все чаще возникают не в результате деятельности предприятий туристской индустрии и не на основе традиционных туристских систем, а благодаря стремительно растущему разнообразию индивидуальных туристских занятий, свободе потребительского выбора и, главное, желанию человека быть творцом личных впечатлений, которые становятся новым турпродуктом, а сам человек – их потребителем и одновременно со-производителем.

В изменениях современного туристского пространства прослеживаются тенденции к:

– дефрагментации. Число центральных «хабов» в территориальной организации туризма уменьшается, а количество рассредоточенных узлов растет благодаря сетевым коммуникациям и отходу от традиционного посредничества в туризме. Размещение приобретает дисперсный характер;

– усложнению структуры. Проведенное исследование подтверждает тезис А. Stasiak о непрямолинейности эволюции туристского пространства [2013]. Новые виды туристских занятий (туризма) могут появляться в границах «старых», хорошо освоенных туристских пространств и трансформировать их или создавать собственные новые туристские пространства, тогда как традиционные формы туризма – возникать в новых местах;

– появлению нового типа интегрированного туристского пространства, в котором границы между туризмом и повседневной жизнью людей стираются. В поисках ярких эмоций и аутентичного опыта туристы стремятся погрузиться в обычную жизнь местного населения, но при этом совершить побег от их собственной повседневной рутины. Противоречивый характер протекающего процесса требует специального углубленного исследования интегрированного типа туристского пространства;

– развитию ментального туристского пространства, которое существует параллельно с реальным пространством и не является совершенным его отражением. В отличие от реального, ментальное пространство легко меняется, его можно улучшить, сделать более привлекательным. Управление ментальным пространством скрывает большие возможности в будущем.

Анализ происходящих изменений в туристском пространстве под влиянием новых видов туризма будет способствовать углублению концепции туристского пространства.

Благодарности. Исследование выполнено по теме НИР «Функционирование и трансформация территориальных туристско-рекреационных систем» (№ ЦИТИС АААА-А16-116032810056-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова А.Ю. Сверхтуризм и туризмобия в европейских городах-дестинациях (кейс Барселоны) // Современные проблемы сервиса и туризма. 2018. Т. 12. № 4. С. 56–68. DOI: 10.24411/1995-0411-2018-10405.
- Александрова А.Ю. Типология стран мира по уровню развития международного туризма // География и природные ресурсы. 2016. № 1. С. 14–22.
- Бредихин А.В. Рекреационно-геоморфологические системы: монография. Смоленск-М.: Ойкумена, 2010. 328 с.
- Воронкова Л.П. Трансформация туристского пространства в условиях глобализации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. Т. 1. № 9. С. 54–61.
- Джанджуазова Е.А. Туризм и инновационное развитие: Проект ФГОУВПО «РГУТиС “Живая карта России”» // Современные проблемы сервиса и туризма. 2010. № 3. С. 66–72.
- Дунец А.Н. Туристское пространство как научная категория в исследованиях туризма // Ползуновский альманах. 2015. № 3. С. 86–90.
- Зигерн-Корн Н.В. Туристско-рекреационное пространство как объект региональной политики // Известия Русского географического общества. 2016. Т. 148. № 1. С. 87–100.
- Зырянов А.И. География туризма: от теории к практике: монография. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018. 416 с.
- Кружалин В.И. Тенденции развития фундаментальных и прикладных исследований в туризме и рекреации // Вестник РМАТ. 2011. № 3. С. 23–30.
- Лихошерстова Г.Н. Территориальная организация туристско-рекреационного пространства на основе кластерных подходов // Научный результат. Серия: Экономические исследования. 2015. Т. 1. № 1. С. 71–79.
- Мажар Л.Ю. Туризм в пространстве и времени: взгляд географа // Современные проблемы сервиса и туризма. 2014. № 1. С. 16–23.
- Пирожник И.И. Трансформация туристско-рекреационного пространства в эпоху глобализации // Туризм и региональное развитие. Смоленск: Универсум, 2006. Вып. 4. С. 136–138.
- Преображенский В.С., Веденин Ю.А., Филиппович Л.С., Чалая И.П. Основные концепции и модели рекреационной географии // Теоретические проблемы рекреационной географии. М., 1989. С. 47–67.
- Хорошев А.В. Олимпийское строительство и постолимпийское развитие в г. Сочи: экологическая цена планировочных решений // Эколого-географические проблемы регионов России. Материалы VIII всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием, Самара, 15 января, 2017. Самара: Изд-во СГСПУ, 2017. С. 229–235.
- Черняева Т.И. Туристическое потребление: стандартизация впечатлений // Журнал социологии и социальной антропологии. 2009. Т. 12. № 3. С. 116–127.
- Швец И.Ю., Чжи-Гвезда Е., Демчук М. Развитие кластерной формы пространственной организации территории в сфере туризма // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. 2014. Т. 8. № 4. С. 33–41.
- Berleant A. The Aesthetics of Environment. Philadelphia: Temple University Press, 1995, 315 p.
- Butowski L. Maritime tourism space. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 51–57.
- Hall C.M., Page S.J. The geography of tourism and recreation: environment, place and space. 4th ed. Abington–N.Y., Routledge, 2014, 458 p.
- Harvey D. Social justice and the city. London, Edward Arnold, 1973, 336 p.
- Hui A. Many homes for tourism: Re-considering spatializations of home and away in tourism mobilities. *Tourist Studies*, 2008, no. 8(3), p. 291–311.
- Kowalczyk A. The phenomenology of tourism space. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 9–15.
- Kowalczyk A. Geografia turystyki. Warszawa, Wyd. Naukowe PWN, 2000, 287 p.
- Leiper N. The framework of tourism: towards a definition of tourism, tourist, and the tourist industry. *Annals of Tourism Research*, 1979, vol. 6(4), p. 390–407.
- L'espace touristique, Cazalais N., Nadeau R., Beaudet G. (éds.). Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec, 1999, 287 p.
- Lisewski S. Urban «tourism exploration space»: the example of Lodz. *Tourism*, 2009, vol. 19, no. 1–2, p. 57–62.
- Meyer B. Kształtowanie układów przestrzenno-funkcyjnych przez turystykę. Szczecin, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 2008, 206 p.
- Saarinен J., Rogerson C.M., Hall M. Geographies of tourism development and planning // *Tourism Geographies*, 2017, vol. 19, no. 3, p. 307–317. DOI: 10.1080/14616688.2017.1307442.
- Stasiak A. New spaces and forms of tourism experience economy. *Tourism*, 2013, vol. 23, no. 2, p. 59–67. DOI 10.2478/tour-2013-0012.
- Urry J. The Tourist Gaze. 2nd ed., London, Sage, 2002, 184 p.
- Więckowski M. Tourism space: an attempt at a fresh look. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 17–24.
- Włodarczyk B. Space in tourism, tourism in space: on the need for definition, delimitation and classification. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 25–34.
- World Tourism Cities. Developing Tourism off the Beaten Track Ed. R. Maitland, P. Newman. Abingdon, Routledge, 2009, 176 p.
- Электронные ресурсы
- Мельник И. Доморощенный туризм. Эксперт Северо-Запад. 2013. № 40(637). [Электронный ресурс]: URL: <https://expert.ru/northwest/2013/40/domoroschennyj-turizm/> (дата обращения 31.08.2019).
- Петербург вошел в топ направлений «темного туризма» // *Peterburg2: онлайн журнал о событиях, жизни и городе*. 2017.

10 января. [Электронный ресурс]: URL: <http://peterburg2.ru/news/peterburg-voshyol-v-top-napravleniy-tyomnogo-turizma-31328.html> (дата обращения 01.09.2019).

Пустовойтов С. Чернобыль накрыло волной туристов // TourDom. 2019. 04 июня. [Электронная газета]: URL: https://www.tourdom.ru/news/chernobyl-nakrylo-volnoy-turistov.html?utm_source=mail&utm_medium=05062019_1218&utm_campaign=t_97926&bx_sender_conversion_id=27330773 (дата обращения 02.09.2019).

Сологуб Е.В., Ким А.Г. Методологические основы обоснования территориального развития (на примере о. Русский, г. Владивосток) [Электронный ресурс] // Ойкумена. 2016. № 4. С. 128–139. https://ojkum.ru/images/articles/2016-4/_2016_4_0039-12.pdf (дата обращения 02.09.2019)

Черевичко Т.В. Туризм как система: методология исследования // Концепт. 2015. № 7. С. 6–10. [Научно-методический электронный журнал]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/>

turizm-kak-sistema-metodologiya-issledovaniya (дата обращения 27.08.2019).

New Orleans tourism visitation and visitor spending break records in 2017, New Orleans, 2018, 28 Sept. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.neworleans.com/articles/post/new-orleans-tourism-visitation-and-visitor-spending-break-records-in-2017/> (дата обращения 01.09.2019).

Richards G. The new geographies of tourism: Space, place and locality. Paper presented at the Wageningen Geography Lectures, 13th January 2014. [Электронный ресурс]: URL: https://www.academia.edu/10147781/The_new_geographies_of_tourism_Space_place_and_locality (дата обращения 01.09.2019).

Ryall J. Fukushima episode of Netflix's Dark Tourist sparks offence in Japan // South China Morning Post, 2018, 5 Sept. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.scmp.com/news/asia/east-asia/article/2162902/fukushima-episode-netflixs-dark-tourist-sparks-concern-japan> (дата обращения 01.09.2019).

Поступила в редакцию 09.09.2019

После доработки 21.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

A.Yu. Aleksandrova¹

CHANGES OF TOURISTIC GEO-SPACE IN THE EPOCH OF UNIVERSAL MOBILITY

In the era of universal mobility, people's lifestyles have deeply and dynamically changed. Modern people are hyperactive; they are in constant motion and seek to gain new experience. Therefore, the demand for tourist trips is growing. There are new types of tourism that allow experiencing a whole range of emotions and getting an unforgettable tourist experiences. New «spaces of tourism penetration» are emerging. The article aims to reveal how the tourism geographical space is changing with the advent of new tourism types in the modern society of experience. The article provides a broad analysis of scientific approaches of Russian and foreign researchers to the definition and classification of tourism space, and determination of its boundaries and structure. The author notes the growing interest in the problem in recent years, as well as the development of methodology and practical tools for discourse analysis. Developing and declining types of tourism have been identified. The article focuses on the geography of dark and paranormal tourism as a symbol of modern experience economy. The structure transformation of old tourism spaces and the emergence of new tourism spaces are shown. The author concludes that the tourism space development is non-linear.

Key words: geography of tourism, new forms of tourism, experience economy, tourism penetration space, dark tourism, paranormal tourism, city tourism

Acknowledgements. The study was carried out under the research theme «Functioning and transformation of territorial touristic-recreational systems» (CITIS № AAAA-A16-116032810056-7).

REFERENCES

Aleksandrova A.Yu. Sverhturizm i turizmofobija v evropejskih gorodah-destinacijah (kejs Barselony) [Overtourism and the tourism-phobia in European cities-destinations (case study of Barcelona)] *Sovremennye problemy servisa i turizma*, 2018, vol. 12, no. 4, p. 56–68. DOI: 10.24411/1995-0411-2018-10405. (In Russian)

Aleksandrova A.Yu. Tipologija stran mira po urovnju razvitiya mezhdunarodnogo turizma [Typology of countries of the world according to the level of international tourism development]. *Geografija i prirodnye resursy*, 2016, vol. 37, no. 1, p. 14–22. (In Russian)

Berleant A. The Aesthetics of Environment. Philadelphia: Temple University Press, 1995, 315 p.

Bredikhin A.V. Rekreativno-geomorfologicheskie sistemy [Recreational-geomorphological systems]. Smolensk, Moscow, Ojkumena Publ., 2010, 328 p. (In Russian)

Butowski L. Maritime tourism space. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 51–57.

Chernyaeva T.I. Turisticheskoe potreblenie: standartizaciya vpechatlenij [Tourism Consumption: Standardization of Impressions]. *Zhurnal sociologii i social'noj antropologii*, 2009, vol. 12, no. 3, p. 116–127. (In Russian)

Dunets A.N. Turistskoe prostranstvo kak nauchnaja kategorija v issledovanijah turizma [The tourist space as a scientific category in tourism research]. *Polzunovskij al'manah* [Polzunov Almanac], 2015, no. 3, p. 86–90. (In Russian).

Dzhandzhugazova E.A. Turizm i innovacionnoe razvitie: Proekt FGOUVPO «RGUTiS “Zhivaja karta Rossii”» [Tourism and innovative development: Project FSEIHE «RGUTiS “Living Map of Russia”»]. *Sovremennye problemy servisa i turizma*, 2010, no. 3, p. 66–72. (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Recreational Geography and Tourism, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: analexan@mail.ru

- Hall C.M., Page S.J. The geography of tourism and recreation: environment, place and space. 4th ed. Routledge, Abington–N.Y., 2014, 458 p.
- Harvey D. Social justice and the city. Edward Arnold, London, 1973, 336 p.
- Horoshev A.V. Olimpijskoe stroitel'stvo i postolimpijskoe razvitiye v g. Sochi: jekologicheskaja cena planirovochnyh reshenij [Olympic construction and post-Olympic development in Sochi: the environmental price of planning solutions]. *Jekologo-geograficheskie problemy regionov Rossii*. Materialy VIII vseros. nauch.-praktich. konf. s mezhdunar. uchastiem, Samara, 15 janvarja, 2017 [Ecological and geographical problems of the regions of Russia. Proc. of the VIII Russian scientific-practical conference with international participation, Samara, January 15, 2017]. Samara, Samara State Social and Pedagogical University Publ., p. 229–235. (In Russian)
- Hui A. Many homes for tourism: Re-considering spatializations of home and away in tourism mobilities. *Tourist Studies*, 2008, no. 8(3), p. 291–311.
- Kowalczyk A. Geografia turystyki. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN, 2000, 287 p.
- Kowalczyk A. The phenomenology of tourism space. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 9–15.
- Kruzhalin V.I. Tendencii razvitiya fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v turizme i rekreacii [Development trends of fundamental and applied research in tourism and recreation]. *Vestnik RMA*, 2011, no. 3, p. 23–30. (In Russian)
- Leiper N. The framework of tourism: towards a definition of tourism, tourist, and the tourist industry. *Annals of Tourism Research*, 1979, vol. 6(4), p. 390–407.
- L'espace touristique. Ed. Cazalais N., Nadeau R., Beaudet G. Presses de l'Université du Québec, Sainte-Foy, 1999, 287 p.
- Likhoshershtova G.N. Territorial'naja organizacija turistsko-rekreacionnogo prostranstva na osnove klasternyh podhodov [Territorial organization of the tourist and recreational space on the cluster approach basis]. *Nauchnyj rezul'tat. Serija: Jekonomicheskie issledovaniya*, 2015, vol. 1, no. 1, p. 71–79. (In Russian)
- Liszewski S. Urban «tourism exploration space»: the example of Lodz. *Tourism*, 2009, vol. 19, no. 1–2, p. 57–62.
- Mazhar L.Yu. Turizm v prostranstve i vremeni: vzgljad geografa [Tourism in space and time: the view of a geographer]. *Sovremennye problemy servisa i turizma*, 2014, no. 1, p. 16–23. (In Russian)
- Meyer B. Kształtowanie układów przestrzenno-funkcjonalnych przez turystykę. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2008, 206 p.
- Pirozhnik I.I. Transformacija turistsko-rekreacionnogo prostranstva v jepohu globalizacii [Transformation of tourist and recreational space in the era of globalization]. *Turizm i regional'noe razvitiye*. Smolensk, Universum Publ., 2006, vol. 4, p. 136–138. (In Russian)
- Preobrazhenskij V.S., Vedenin Ju.A., Filippovich L.S., Chalaja I.P. Osnovnye koncepcii i modeli rekreacionnoj geografii [Basic concepts and models of recreational geography]. *Teoreticheskie problemy rekreacionnoj geografii*, Moscow, 1989, p. 47–67. (In Russian)
- Saarinen J., Rogerson C.M., Hall M. Geographies of tourism development and planning *Tourism Geographies*, 2017, vol. 19, no. 3, p. 307–317. DOI: 10.1080/14616688.2017.1307442.
- Shvets I.Y., Czyż-Gwiazda E., Demczuk M. Razvitiye klasternoj formy prostranstvennoj organizacii territorii v sfere turizma [Development of a cluster form of the spatial organization of territories in tourism]. *Vestnik Associacii vuzov turizma i servisa*, 2014, vol. 8, no. 4, p. 33–41. (In Russian)
- Stasiak A. New spaces and forms of tourism experience economy. *Tourism*, 2013, vol. 23, no. 2, p. 59–67. DOI 10.2478/tour-2013-0012.
- Urry J. The Tourist Gaze. 2nd ed. Sage, London, 2002, 184 p.
- Voronkova L.P. Transformacija turistskogo prostranstva v uslovijah globalizacii [Transformation of the tourist space under globalisation]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2016, vol. 1, no. 9, p. 54–61. (In Russian)
- Więckowski M. Tourism space: an attempt at a fresh look. *Tourism*, 2014, vol. 24, no. 1, p. 17–24.
- Włodarczyk B. Space in tourism, tourism in space: on the need for definition, delimitation and classification. *Tourism*, 2014, vol. 2, no. 1, p. 25–34.
- World Tourism Cities. Developing Tourism off the Beaten Track Ed. R. Maitland, P. Newman Routledge, Abingdon, 2009, 176 p.
- Zigern-Korn N.V. Turistsko-rekreacionnoe prostranstvo kak objekt regional'noj politiki [Tourist and recreational space as an object of regional policy]. *Izvestija Russkogo geograficheskogo obshhestva*, 2016, vol. 148, no. 1, p. 87–100. (In Russian)
- Zyryanov A.I. Geografiya turizma: ot teorii k praktike [Geography of tourism: from theory to practice]. Perm', Perm State National Research University Publ., 2018, 416 p. (In Russian)
- Web sources
- Cherevichko T. Turizm kak sistema: metodologija issledovaniya [Tourism as a system: Methodology of Research]. *Concept*, 2015, no. 7, p. 6–10. [Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/turizm-kak-sistema-metodologiya-issledovaniya> (access date 27.08.2019). (In Russian)
- Mel'nik I. Domoroshennyj turizm [Homegrown Tourism] // Ekspert Severo-Zapad, 2013, no. 40(637). [Elektronnyi resurs]: URL: <https://expert.ru/northwest/2013/40/domoroshennyj-turizm/> (access date 31.08.2019) (in Russian).
- New Orleans tourism visitation and visitor spending break records in 2017, New Orleans, 2018, 28 Sept. [Elektronnyi resurs]: URL: <https://www.neworleans.com/articles/post/new-orleans-tourism-visitation-and-visitor-spending-break-records-in-2017/> (access date 01.09.2019).
- Peterburg voshjol v top napravlenij «tmnogo turizma» [Petersburg entered the top destinations of «dark tourism»]. *Peterburg2: onlain zhurnal o sobytijakh, zhizni i gorode* [Peterburg2: online magazine about events, life and the city], 2017, 10.01, [Elektronnyi resurs]: URL: <http://peterburg2.ru/news/peterburg-voshjol-v-top-napravlenij-tyomnogo-turizma-31328.html> (access date 01.09.2019). (In Russian)
- Pustovojtov S. Chernobyl' nakrylo volnoj turistov [Chernobyl is covered by a wave of tourists] *TourDom*, 2019. 04.06. [Electronic newspaper], [Elektronnaya gazeta]: URL: https://www.tourdom.ru/news/chernobyl-nakrylo-volnoj-turistov.html?utm_source=mail&utm_medium=05062019_1218&utm_campaign=t_97926&bx_sender_conversion_id=27330773 (access date 02.09.2019). (In Russian)
- Richards G. The new geographies of tourism: Space, place and locality. Paper presented at the Wageningen Geography Lectures, 13th January 2014. [Elektronnyi resurs]: URL: https://www.academia.edu/10147781/The_new_geographies_of_tourism_Space_place_and_locality (access date 01.09.2019).
- Ryall J. Fukushima episode of Netflix's Dark Tourist sparks offence in Japan. *South China Morning Post*, 2018, 5 Sept. [Elektronnyi resurs]: URL: <https://www.scmp.com/news/asia/east-asia/article/2162902/fukushima-episode-netflixs-dark-tourist-sparks-concern-japan> (access date 01.09.2019).
- Sologub E.V., Kim A.G. Metodologicheskie osnovy obosnovaniya territorial'nogo razvitiya (na primere o. Russkij, g. Vladivostok) [Methodological bases for justification of territorial development (the example of the Russkij Island, Vladivostok)] [Elektronnyi resurs] *Ojkumena*, 2016, no. 4, p. 128–139. https://ojkum.ru/images/articles/2016-4/_2016_4_0039-12.pdf (date access 02.09.2019) (In Russian)

Received 09.09.2019

Revised 21.10.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 551.4, 624.1

С.И. Болысов¹, В.А. Неходцев²**КОНЦЕПЦИЯ СУБРЕЛЬЕФА – РЕЛЬЕФА ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ**

В географической науке существует несоответствие общепринятого толкования рельефа как объекта геоморфологической науки и специфики положения, морфологии и изучения «рельефа» подземных полостей. В статье предлагается концепция геоморфологического (и географического) научного изучения подземных полостей. Для обозначения твердой поверхности подземных полостей авторы используют термин «субрельеф» (буквально – ПОД рельефом и ПОЧТИ рельеф), исходя из устоявшегося представления о рельефе как совокупности неровностей твердой ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ. Предложены терминологический аппарат, генетическая классификация форм субрельефа, глубинное деление (зонирование) подземных полостей, указаны границы применимости концепции. В статье раскрываются особые свойства подземных полостей – такие, как объемная замкнутость, отрицательность форм, значительная обособленность от поверхностных процессов, глубинная зональность. Подземные пустоты являются местами обитания реликтовых и уникальных представителей флоры и фауны. С субрельефом связан целый ряд опасных и неблагоприятных процессов, особенно на урбанизированных территориях.

Ключевые слова: геоморфология, пещеры, подземные формы рельефа, полость, субрельеф, теоретическая геоморфология

Введение. Положение знаний о подземных полостях в системе наук весьма многогранно ввиду их широкого использования и специфичности, но, по-видимому, в первую очередь входит в область интересов геологии (говоря о веществе, в котором образованы полости) и геоморфологии (изучение морфологии, генезиса, возраста и динамики твердой поверхности подземных полостей). Геоморфология – наука о рельефе земной поверхности, его строении, происхождении, истории развития и современной динамике. А рельеф, в соответствии с общепринятым определением, – совокупность неровностей твердой земной ПОВЕРХНОСТИ (либо поверхности иных твердых планетных тел). Вместе с тем, активно изучаются в рамках геоморфологии и подземные полости (находящиеся ПОД поверхностью, т. е. ПОД рельефом), которые в значительной степени определяют морфодинамические условия системы «геологическая среда – подземная полость – рельеф». Функциональная связь весьма сложна: появляясь обычно как новообразования геологической среды, подземные полости, в свою очередь, начинают сами оказывать на нее значительное влияние, например, могут быть каналами разгрузки грунтовых вод, приводить к разуплотнению грунтов и т. д. Все это оказывает влияние и на рельеф; квинтэссенция такого влияния – деформации земной поверхности (воронки, мульды проседания, карстовые колодцы, слепые овраги и т. д.). В неоднородных литифицированных осадках типа песчаников и конгломератов, т. е. в геологической среде, полости создаются и отчасти с поверхности – тафони, ниши выдувания, водобойные гrotы и пещеры на побережьях.

Вместе с тем, к настоящему времени в геоморфологической науке не сложилось целостных концептуальных подходов к изучению подземных полостей, особенно антропогенно-техногенного происхождения. В этом направлении пока не разработаны обоснованная методология и полноценный терминологический аппарат, существует и определенная путаница в понятиях «подземный рельеф» и «погребенный рельеф», на что указывали многие авторы [Галицкий, 1974; Болысов, 2007]. В меньшей степени это касалось карста, изученного геологами, геоморфологами и спелеологами весьма детально.

Научное изучение подземных полостей (спелеология) начало развиваться примерно с 1890-х годов, в первую очередь, усилиями Э.А. Мартеля [Martel, 1905], общее число публикаций которого превысило 1000. Дальнейшее развитие спелеологии и карстологии связано с фундаментальными работами А.А. Крубера [1915 и др.], Corbel [1959], И.С. Щукина [1964], Н.А. Гвоздецкого [1972, 1981], А.Г. Чикишева [1975], В.Н. Дублянского, А.А. Колодяжной, Coman [1984] и др. В 2000-е годы стали появляться крупные зарубежные обобщающие энциклопедии о пещерах. В 2004 выходит Encyclopedia of Caves and Karst Science [Gunn, 2004], в 2005 и 2012 годах выходят два издания Encyclopedia of Caves [Culver, White, 2005] и Encyclopedia of Caves. Second Edition [White, Culver, 2012], в которых собраны статьи как по отдельным пещерным системам, так и по различным биологическим, геологическим, методическим аспектам. Искусственные полости в этих энциклопедиях практически не показываются.

Спрос на освоение подземного пространства городов неуклонно растет по всему миру. Об этом

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра геоморфологии и палеогеографии, соискатель; e-mail: baban.n@mail.ru

свидетельствуют обширные современные исследования по территориям таких городов, как Найроби, Ханой, Пекин. Особое внимание освоению подземного пространства уделяется в островном Сингапуре [Мукаби с соавт., 2012]. На территории Москвы, конечно, тоже проводятся инженерные изыскания, преимущественно архитектурными и проектирующими организациями [Коротяев, 2009, 2011]. Тем не менее, до сих пор нет обобщающих концептуальных работ, рассматривающих всесторонне и целостно «рельеф» подземных полостей и его место в объекте и предмете геоморфологии.

Целью настоящей работы является разработка концепции субрельефа как системы взглядов и принципов геоморфологического изучения «рельефа» подземных полостей.

Постановка проблемы. Центральным объектом нашего исследования является «рельеф» подземных полостей, а предметом – его морфология, генезис, история формирования (создания), развития и современная динамика. Между тем, в современной геоморфологии пока нет универсальной классификации форм рельефа, расположенных на разновозрастных поверхностях земной коры – видимой (дневной) и погребенной (подземных форм). Нет также единства в употреблении терминов, характеризующих объекты геоморфогенеза, расположенные ниже дневной поверхности.

В литературе регулярно используется термин «подземный рельеф», хотя есть два нередко взаимоисключающих подхода к пониманию этой категории – широкий и узкий. В широком смысле под подземным рельефом понимают совокупность погребенных поверхностей (палеорельефа) и поверхностей подземных полостей различного генезиса. Но внутренняя поверхность полостей (в отличие от палеорельефа) во многом соответствует классическому представлению рельефа земной поверхности как границы раздела твердых масс литосферы с подвижными сферами, поэтому необходимо их строгое разграничение. Это проблема терминологического характера, дополняющаяся отсутствием подходящего и четко обозначающего термина для подземного «рельефа». Зачастую морфологически подземный и погребенный рельеф может одинаково проявляться, в том числе, будучи экспонированным на современную дневную поверхность. Например, погребенная карстовая воронка раннеюрского возраста и современная обваливающаяся полость обычно проявляются на поверхности одинаково – депрессией. Вместе с тем, и условия происхождения, и история развития, и современная динамика, и дальнейшее развитие подобных форм существенно различаются. Поэтому принципиально важно разделять эти два комплекса форм, хотя по своему положению все они формально могут быть подземными (т. е. располагаться ниже дневной поверхности).

Еще в 1974 году В.И. Галицкий указывал на существующую в геоморфологии терминологическую проблему. Неопределенное содержание включается в термин «подземный рельеф». Так, напри-

мер, Boye, Mouline, Platviel, Vaguier (1968) употребляют термины «подземная топография», «подземный рельеф третичного субстрата». Ю.Ф. Чемяков (1970) в категорию подземного рельефа включает погребенный наземный рельеф, образуемый под земной поверхностью экзогенными (карстовыми и др.) процессами, а также интрузивно-вулканогенный рельеф, возникающий в толще Земли. В данном случае объединяются рельеф, образованный на поверхности Земли (погребенный, преобразованный карстовыми процессами), и геологические тела (интрузивно-вулканические), возникающие на какой-то глубине в земной коре» [Галицкий, 1974, с. 38–39]. Осложняют представления о подземном рельефе и некоторые другие определения. Например, «подземным рельефом называется совокупность неровностей поверхностей структур, созданная в литосфере. Это рельеф интрузивных тел (батолитов, лакколитов, межпластовых интрузий и т. д.), разрывов со смещением, соляных штоков и пр., возникших не на поверхности Земли, а на некоторой глубине» [Веклич, 1966]. Поверхности геологических тел во многих случаях даже не связаны напрямую с рельефом поверхности земной коры.

«Отмечается некоторая несогласованность в употреблении термина «погребенный рельеф», ... в этот термин часто вкладывается очень неопределенное содержание. Так, например, Н.П. Кузнецов (1966), описывая «погребенные денудационные поверхности», отмечает, что они деформированы под влиянием тектонических движений. Неопределенность значения термина в данном случае заключается в том, что в нем нет указания на время деформации этих поверхностей (до или после их захоронения). По существу же под «погребенным рельефом» автор понимает рельеф в его современном состоянии, т. е. преобразованном после захоронения» [Галицкий, 1974, с. 38].

Авторами предлагается следующий подход к использованию терминов «погребенный рельеф» и «подземный рельеф». Наиболее явное различие заключается собственно в условиях и истории их формирования. Погребенный рельеф (палеорельеф) обычно образуется изначально как совокупность поверхностных форм, а затем перекрывается более поздними отложениями. Поверхности же геологических тел (например, батолита), перекрытых осадками, с геоморфологических позиций рельефом не являются и лучше их называть «поверхностями геологических тел». Под формами подземного рельефа мы понимаем те, которые образуются обычно изначально ниже земной поверхности, внутри толщи уже залегающих горных пород. В процессе образования подземные формы (например, современные карстовые полости) могут проявляться и на дневной поверхности в виде понижений или (в других случаях) возвышений, однако это будут уже формы наземные, хотя и частично или полностью подземного генезиса. По терминологической логике, подобные подземные образования можно называть «субтерральными» (буквально – подземными), про-

должая ряд терминов «субаэральные» (наземные, т. е. подвоздушные) и «субаквальные» (подводные). Термин «субтерральные» предложил Н.И. Николаев [1946] для отложений, формирующихся изначально в подземной среде, в первую очередь – в карстовых полостях (сталактиты, «пещерный жемчуг» и т. п.). Очевидно, что термин «субтерральные» может использоваться не только для отложений, образующихся в подземной среде, но и для форм рельефа.

Исходя из предлагаемой трактовки, под категорию «подземный рельеф» могли бы подпадать поверхности полостей типа пещер и лавовых тоннелей. Однако, нельзя не отметить, что эти поверхности опять же, строго говоря, не являются рельефом, поскольку находятся ПОД тем, что мы называем рельефом. Ведь рельеф, как указано выше, – совокупность неровностей твердой земной ПОВЕРХНОСТИ. В этой связи возникает терминологическая и, соответственно, эпистемологическая проблема, которая реально существует в геоморфологической науке, давно уже изучающей подземный рельеф. На это несоответствие в 2007 г. обращал внимание один из авторов: «...Пожалуй, можно дать 2 обоснования отнесения подобных форм к объекту геоморфологии. Одно из них – традиции нашей науки, а именно изучение всего комплекса образований, формирующихся в результате единого процесса (карстового либо биогенного), как надземных (карстовые воронки, слепые овраги, искорные ямы, поверхностные норы и др.), так и подземных. Другое возможное объяснение – изучение подземных форм как одной из стадий развития форм, которые потенциально могут быть трансформированы в формы поверхностные вследствие провалов либо их вскрытия за счет деятельности соответственно подземных вод или землероев. Так или иначе, на наш взгляд, положение подземных форм разного генезиса в классификационных рядах до сих пор остается проблематичным в геоморфологической науке» [Болысов, 2007, с. 347].

Материалы и методы исследования. Статья представляет собой результат критического анализа и обобщения литературы по рельефу подземных полостей (всего около 190 публикаций). Представления о сущности субрельефа невозможно было бы без проведенных натурных наблюдений – подземных (собственно в полостях) и наземных (над ними). Одним из авторов статьи за 10 лет лично проведено несколько сотен полевых маршрутов (суммарно около 1000 км); в Москве и Подмоскowie, в Киеве проводились полустационарные наблюдения. Набрана фототека примерно по 500 подземным объектам. Основные районы исследований – крупные европейские города и агломерации (Москва, Киев, Париж, Лодзь, Прага, Брюссель, Антверпен, Вена, Кишинев и др.) и отдельные регионы: Лимбург, Поволжье, Гранд-Эст (Франция), Иль-де-Франс, Польша, Подмоскowie, Крым, Хибины и др. Содержательная часть результатов частично публиковалась авторами ранее [Болысов, Неходцев, 2016; Болысов с соавт., 2017].

Рассмотрение результатов. Концепция субрельефа – «рельефа» подземных полостей. Для обозначения поверхности подземных полостей нами предлагается употреблять термин «субрельеф», впервые использованный в 2011 году [Болысов, Неходцев, 2011]. Приставка «суб-» несет два значения: 1) расположенный под, ниже чего-либо; 2) неосновной, находящийся в подчинении, зависимости, вторичный либо переходный. Оба значения вполне отражают сущность подземных форм «рельефа» – они расположены «под», ниже твердой земной поверхности, и они представляют собой нередко формы, переходные к «обычным» неровностям земной поверхности. Гносеологически термин «субрельеф» устраняет несоответствие общепринятого толкования рельефа как объекта геоморфологической науки и специфики положения и морфологии подземных форм (как и их изучения). К формам субрельефа относятся из экзогенных многие карстовые, суффозионные и биогенные формы, некоторые ледниковые (или подледниковые). Из эндогенных – некоторые тектонические (дизъюнктивного характера) и магматические (например, опустевшие магматические камеры и лавовые пещеры). Таким образом, *субрельеф – это совокупность неровностей границы литосферы с атмо- и гидросферой, частично или полностью находящихся под твердой дневной поверхностью Земли (или иных планетных тел).*

Есть и еще один аспект употребления термина «субрельеф». Многие подземные полости, особенно антропогенные (техногенные), создаются действительно в толще уже существующей породы (штольни, тоннели щитовой проходки). Но значительное количество антропо-техногенных подземных полостей формируется путем перекрытия (погребения) выемки/котлована – тоннели метро мелкого заложения, неглубокие коллекторы коммуникаций, коллекторы подземных рек. В природе также встречаются погребенные (или аккумулятивные) полости, хотя и намного реже – онкосы и спиракулы (газовые пузыри и тоннели в застывшей лаве), полости, возникающие при подводном сростании или сплетении грибообразных шляпок колоний кораллов. Бывают и весьма своеобразные (до курьезных) случаи, когда часть коллектора, в котором течет подземная река, построена подземным способом (в толще грунта), а часть – в котловане. В итоге, исходя из вышесказанного, часть полости, являющейся единым инженерным сооружением, погребенная, а часть – подземная. Использование термина «субрельеф» в таком случае избавляет от необходимости дискутировать, поскольку формы субрельефа могут быть и погребенными, и подземными, ведь это термин морфологический (в значительной степени – морфометрический), а не морфодинамический.

К субрельефу относятся также подземные каналы, тоннели метрополитена, коллекторы коммуникаций, укрепленные горные выработки и прочие подземные инженерные сооружения с обделкой (рис. 1) – строительной конструкцией, возведенной



Рис. 1. Подземные сооружения как формы субрельефа: А – коллектор подземной реки; Б – известняковая шахта; В – строящийся тоннель метро; Г – заброшенный железнодорожный тоннель. Фотографии В.А. Неходцева

Fig. 1. Underground structures as subrelief landforms: A – big drain; Б – limestone mine; В – subway tunnel under construction; Г – abandoned railway tunnel. Photos by V.A. Nekhodtsev

вокруг горной выработки при строительстве подземного сооружения. Своими морфометрическими показателями они напоминают естественные пещеры, магматические камеры, также непосредственно являются границей литосферы и гидро- и атмосферы, а стадия дряхлости подземного сооружения предполагает образование на поверхности провалов и оседаний. Подземные инженерные сооружения полноценно участвуют в морфодинамической системе «геологическая среда – подземная полость – рельеф», равно как и естественные полости. На наш взгляд, нет никаких оснований лишать статуса субрельефа внутренние поверхности подземных инженерных сооружений, которые обладают всеми характеристиками и свойствами форм субрельефа. Аналогично, наличие асфальтовых, плиточных, бетонных покрытий в городах (подобных отделке тоннелей) не лишает эти поверхности статуса рельефа.

Единицами субрельефа, как и рельефа, являются элементы, формы и комплексы. Элементы существенно аналогичны таковым для рельефа – это элементарные поверхности, линии и точки их пересечения – соответственно двух или более поверхностей. *Форма субрельефа – это поверхность геометрически обособленного (иногда – частично обособленного) трехмерного естественного или техногенного тела в составе литосферы, расположенная полностью или частично (с выходом на поверхность) под твердой дневной поверхностью.* Положение форм субрельефа обеспечивает в них особые условия морфолитогенеза [Симонов с соавт., 1998], заметно отличающиеся от поверхностных условий, причем это различие обычно возрастает с глубиной. *Комплекс (тип) субрельефа – совокупность форм субрельефа, сходных по какому-либо признаку (морфологии – морфо-*

логический комплекс, генезису – генетический тип, возрасту – возрастной комплекс и т. д.).

Аккумулятивные формы субрельефа сложены нередко субтерральными отложениями, под которыми мы понимаем те отложения, чье происхождение (чаще подземное) и последующее развитие тесно связаны с формами субрельефа и подземными процессами. Характерной особенностью таких отложений является то, что они, в основном, образуются после формирования полости, т. е. обычно эпигенетические по отношению к ней. Эти отложения могут быть как из местного материала, так и привнесенные, в том числе – в результате деятельности человека. Поэтому они – часто полигенетические и загрязнены поступившим сверху материалом. Примерами таких отложений являются натечные формы кальцита в карстовых пещерах, техногенный аллювий коллекторных водотоков и т. д.

Субрельеф обладает рядом весьма **специфических свойств**, не присущих классическому рельефу:

1. Наличие замкнутого или полузамкнутого объема у отрицательных форм (геометрической замкнутости – полной или частичной). Безусловно, объем есть и у наземных форм рельефа, но у аккумулятивных (за редким исключением) – это объем, выполненный твердым веществом, а у денудационных в подавляющем большинстве случаев можно говорить лишь об открытом объеме (не замкнутом, в отличие от форм субрельефа). Объем подземной полости, как правило, является результатом денудационных процессов (за редким исключением), хотя внутри могут образовываться и различные вторичные аккумулятивные тела (сталактиты и т. д.).

2. В замкнутом пространстве могут возникать нетипичные для рельефа явления, как, например, напорное течение в подземных реках и пещерах.

3. Подземные полости, как правило, являются новообразованиями в геологической среде и существенно моложе вмещающих пород. Впрочем, бывают и исключения – лавовые тоннели, например, образуются при застывании лавы сверху и, частично, по контуру, что делает полость одновозрастной с вмещающими породами.

4. Субрельеф обладает специфической зональностью – по глубине, вместе с которой растут горное давление и, ниже зоны влияния атмосферы и солнечной активности, температура.

5. Амплитуды колебания температуры в подавляющем большинстве полостей в течение года минимальны, отчего роль термического выветривания крайне незначительна. Исключения составляют лишь гроты, привходовые части пещер и каменоломен, припортальные участки подземных рек и т. д.

6. В замкнутых полостях не действуют (или почти не действуют) некоторые геоморфологические поверхностные процессы – эоловые, ледниковые, береговые.

7. Биота подземных пространств крайне скудна и весьма специфична (отсутствие света, стабильные температуры, скудная трофическая база). Из-

за отсутствия сезонности подземные флора и фауна обладают рядом характерных признаков: лишены сезонной биологической цикличности; обмен веществ замедлен, и, как следствие, жизненный цикл растянут; для них часто размыты границы водной и воздушной сред обитания. К преимуществам жизни в пещерах можно отнести слабую уязвимость к природным катастрофам типа извержений вулканов, поэтому среди троглобионтов (организмов, проводящих всю жизнь в пещерах) много представителей неогеновой фауны. Для подземной фауны характерна высокая степень локальной эндемичности (обитание отдельных видов организмов на небольшом по площади ареале, или, точнее сказать, в небольшом объеме).

8. Вместо почв присутствуют почвоподобные образования: «...в пещерах, где для поддержания продуктивности сообщества организмов химическая энергия используется вместо солнечной, формируются биокосные тела или системы, обладающие почвоподобной структурой (твердофазный каркас, профиль, горизонты) и функционально выполняющие роль почв на дневной поверхности, то есть оптимизирующие среду контакта биоты и минерального субстрата в процессе производства первичной биомассы» [Семиколенных, Таргульян, 2010]. Такие почвоподобные образования на стенах пещер могут быть не только вертикальными, но и располагаться на потолке, а по мощности быть от нескольких микрометров до 4–5 сантиметров.

Границы применимости концепции. Следует обозначить и границы применения термина «субрельеф». Предлагается к таковому относить твердые поверхности полостей (не заполненных грунтом пространств), выше которых располагается собственно твердая земная (дневная) поверхность. В этом случае разновидностью форм субрельефа (или переходными от рельефа к субрельефу) становятся, возможно, всякого рода карнизы, гроты, ниши и т. п., вертикально над которыми есть поверхность рельефа (рис. 2). По этой логике, пространства внутри (или под) корразионных арок, суффозионных мостов и арок-кекуров также являются субрельефом (а пространство под суффозионным мостом – остатки подземной полости – результат подземного процесса). И, конечно, очевидными и ярко выраженными формами субрельефа являются подземные ходы, пещеры, лавовые тоннели и т. п. (как имеющие, так и не имеющие выхода к поверхности). Поры между частицами грунта и валунами – некий аналог пикоторм (мельчайших неровностей) для субрельефа. Они образуются при обвалах сводов крупных полостей, при выветривании и избирательной денудации (трещины, ячеи выветривания, отдельности), при остывании магматических горных пород и т. д.

Вероятно, концепция может быть полезным инструментом в развитии современных представлений об устройстве географической оболочки – касаясь взаимодействия разных ее компонентов в пределах литосферы (особенно, учитывая интенсификацию техногенеза). Это касается как исследо-

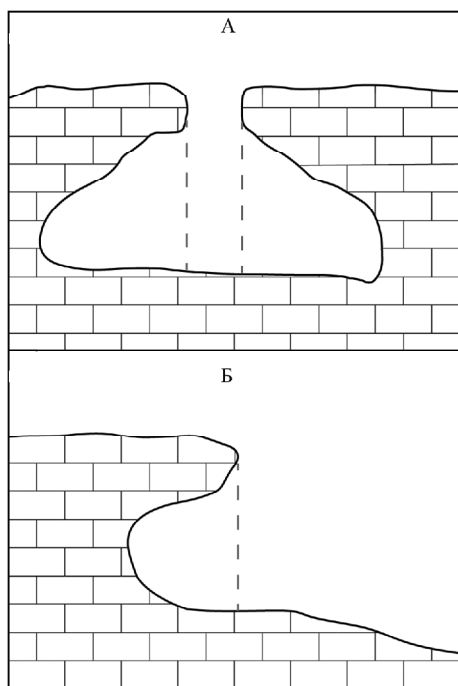


Рис. 2. Формы, переходные от рельефа к субрельефу (А – грот; Б – волноприбойная ниша)

Fig. 2. Transition forms from surface relief to subrelief (A – grotto; Б – wave-cut notch)

вателей ПТК в целом (ландшафтоведов), так и «покомпонентников» – почвоведов, биогеографов, гидрологов и др. Например, в 2016 г. на Пленуме Геоморфологической комиссии РАН в Симферополе Ю.Г. Симонов, Т.Ю. Симонова и В.И. Шмыков выступили с предложением понимать под рельефом земной поверхности не физическую поверхность, а слой. Аргументировалось это, во-первых, необходимостью изучения геологического субстрата для геоморфологов (что весьма дискуссионно), во-вторых, – как раз наличием подземных форм рельефа. Думается, концепция субрельефа вполне приводит в соответствие эти понятия (рельеф, конечно, является поверхностью, а не слоем, но и под ней могут располагаться аналогичные поверхности).

Особое место субрельеф и его изучение занимают в экологии и геоэкологии: с ним связан целый ряд специфических экологических проблем [Болысов, Неходцев, 2016]; подземные полости являются местообитанием специфических и реликтовых форм жизни. Еще один практический выход концепции – использование ее в рекреационном бизнесе (обустройство пещер, создание подземных экотехнических и шахтных музеев и т. п.), запросы которого, среди прочего, заключаются в обеспечении безопасности посетителей и создании информационных материалов.

Классификации форм субрельефа. Вопросы классификации подземных полостей являются слабо разработанными. В зарубежной литературе нам не встречались сколь-либо обоснованные деления всего комплекса форм субрельефа (а это не только полости, но и формы в них). Видимо, наиболее кон-

структивной попыткой является классификация полостей В.Н. Дублянского и В.Н. Андрейчука [Дублянский, Андрейчук, 1993], правда, на наш взгляд, не лишенная нарушений формальной логики и принципов классифицирования, местами излишне дробная и предлагающая в ряде случаев термины взамен устоявшихся. В этой связи предложена новая, разработанная с позиций теоретической геоморфологии, *генетическая классификация форм субрельефа* [Болысов, Неходцев, 2016], в основе которой лежит основной (ведущий) процесс-агент создания этих форм (при этом в предлагаемой классификации ассимилированы некоторые идеи В.Н. Дублянского и В.Н. Андрейчука). Многие формы субрельефа (как и рельефа) являются полигенетическими, и не всегда можно однозначно сказать, какой агент является основным. Поэтому уместен синтез основных типов, и могут возникать такие термины, как, например, «карстово-суффозионный». Напомним, что формами субрельефа являются не только сами полости, но и аккумулятивные образования в них.

Классификация имеет три иерархических уровня (табл. 1):

I. Класс характеризует основной источник энергии при субрельефообразовании. Выделяется три класса субрельефа: *эндогенный* (глубинная энергия планеты); *экзогенный* (главным образом – лучистая энергия Солнца, трансформированная в географической оболочке); *смешанный* включает в себя черты как эндогенного, так и экзогенного источников энергии. Например, при пирогенезе выгорание торфа от удара молнии, выгорание пласта угля, вызванное внедрением магмы, и (огне-)взрывные работы в шахте – вызывают в итоге один и тот же эффект. Только в первом и третьем случаях источник энергии процесса – экзогенный, а во втором – эндогенный.

II. Подкласс выделяется для экзогенного класса по преобладающему агенту выноса, перемещения и (в ряде случаев) последующего осаждения вещества при образовании субрельефа. Такими агентами могут быть вода – гидрогенный подкласс, движущийся воздух – аэрогенный подкласс, организмы – органогенный.

III. Генетический тип – конкретный ведущий процесс образования форм и комплексов субрельефа. Всего выделено 14 типов субрельефа, из них: 2 принадлежат эндогенному классу; 3 – смешанному; 9 – экзогенному. Выделение техногенного субрельефа в отдельный подкласс – один из наиболее дискуссионных вопросов в предлагаемой классификации (в данном вопросе нет единого мнения и у авторов статьи). С одной стороны, техногенный субрельеф (как и техногенный рельеф) – специфическая разновидность антропогенного. С другой стороны, высока степень этой самой специфичности воздействия машин и механизмов на субрельеф (как и на рельеф). Действительно, физический смысл генезиса формы рельефа – контакт некоего процесса с литосферой, в результате которого образуется эта форма рельефа. Техника, создающая формы (в объемах,

Таблица 1

Генетическая классификация форм субрельефа

Класс	Подкласс	Генетический тип	Примеры
Эндогенный	–	<i>Вулканический</i> <i>Тектонический</i>	Лавовые пещеры, опустошенные магматические камеры Тектонические пещеры
Смешанный	–	<i>Гравитационный</i> <i>Пирогенный (псевдовулканический)</i> <i>Структурно-денудационный</i>	Гравитационные клиновидные пещеры Полости выгорания торфяников, пластов угля Тафони, ниши под отрицательным аструктурным склоном куэст
Экзогенный	Гидрогенный	<i>Флювиальный</i> <i>Береговой</i> <i>Карстовый</i> <i>Суффозионный</i> <i>Ледниковый</i> <i>Мерзлотный</i>	Ниши в основании подмываемых водотоками склонов, некоторые участки сквозных долин «Морские ворота», волноприбойные ниши, арки – кекуры Карстовые пещеры, поноры, сталактиты и т. п. Суффозионные ниши, полости и мосты Подледные тоннели, подледные озера Термоабразионные ниши, термокарстовые полости в мерзлоте, полости дегазации
	Аэрогенный	<i>Эоловый</i>	Ниши выдувания, дефляционно-корразионные арки
	Органогенный	<i>Биогенный</i> <i>Антропогенный (рукотворный)</i>	Норы, ходы Исторические сооружения, пещерные монастыри и др.
	Техногенный	<i>Техногенный</i>	Тоннели, шахты, коллекторы коммуникаций и др.

на десятки порядков превышающие в буквальном смысле рукотворные), не является воздействием собственно человека, хотя он ею управляет. Поэтому есть основания выделить техногенный подкласс, обособив его от органогенного, включающего антропогенный (буквально, рукотворный) тип. В природе есть аналогичный пример – флювиальный рельеф, который образуется текущей водой, подконтрольной (как и машины человеку) гравитации. Заметим также, что, поскольку техника так или иначе приводит в движение результирующей солнечной энергии (нефтепродуктовое топливо и электричество), подкласс техногенных форм входит в состав экзогенного класса.

Существует целый ряд других классификационных подходов. Формы субрельефа различаются и по принципу первичности или вторичности по отношению к вмещающей породе, причем количественно значительно преобладают эпигенетические полости, сформированные позже вмещающих пород. Сингенетическими являются лишь некоторые вулканические (лавовые тоннели, газовые пузыри в застывшей магме) и некоторые из экзогенных полостей (внутри сросшихся кораллов, некоторые техногенные). Сингенетическими бывают некоторые аккумулятивные формы типа сталактитов (иногда образуются параллельно с пещерой), отвалов горных пород в забоях и обвалов, образованных в шахтах при проходке, и др. Большая часть полостей являются денудационными образованиями, а многие вторичные

(по отношению к этим полостям) образования (типа сталагмитов и сталактитов) – аккумулятивными. Заметим также, что внутри искусственных полостей могут возникать вполне естественные (а также технолатогенные, т. е. спровоцированные хозяйственной деятельностью) аккумулятивные и денудационные формы субрельефа – завалы, промоины, аккумулятивные карстовые образования и т. д.

Одним из важнейших параметров подземных полостей является их глубина. Авторам не удалось найти попыток классифицирования по этому параметру. Видится уместным следующее деление, основанное на физических процессах, явлениях и параметрах (табл. 2).

Впрочем, такое разграничение по глубинам в известной мере условно. Очевидно, что в разных регионах существенно различаются климатические показатели, глубина прогревания грунтов солнцем, геотермический градиент и т. д. Есть полости вертикальные, которые могут прорезать несколько выделенных выше глубинных уровней (пещера Воронья-Крубера, опустошенное жерло вулкана). К примеру, абразионные ниши, расположенные в основании 150-метрового уступа, будут формально располагаться на глубине (под рельефом) 150 м.

Некоторые подземные полости имеют выход на поверхность, но далеко не все. Поэтому уместным видится их деление и по морфологической замкнутости на открытые (имеющие выход на поверхность) и замкнутые (не имеющие выхода на поверхность). От-

Таблица 2

Классификация подземных полостей по глубине

Тип	Глубина, м	Примечание	Примеры
Приповерхностные	0–5	Полости в верхнем, преимущественно почвенном, грунте, прогреваемом в теплое время года солнечной радиацией и наиболее активно взаимодействующем с атмосферой и гидросферой. Это создает условия для жизнедеятельности норных животных и протекания процессов активного выветривания.	Тафони, муравейник, норы грызунов, абразионные ниши, автотоннели
Неглубокие	5–20	Полости связаны с верхними геологическими слоями (но ниже почвенных грунтов и культурного слоя), где температура и обводненность в течение года близка к постоянной. Связаны с овражно-балочной и низкорядковой эрозионной сетью, в бортах которой животные часто роют норы, а люди добывали вручную строительные материалы. Слой наиболее активного освоения инженерными коммуникациями в городах.	Каменоломни, лисьи и др. норы, травертиновые образования, коллекторы коммуникаций, метрополитен, автотоннели
Средние	20–200	Слой наиболее активного распространения крупных естественных полостей, особенно карстового генезиса. Инженерные сооружения на такой глубине, как правило, строятся уже только закрытым способом. Преобладание экзогенных полостей.	Шахты, пещеры, штольни
Глубокие	200–600	Начало проявления горных ударов с глубины 200 м, поэтому при шахтной разработке требуются мероприятия по борьбе с ними. Резко падает количество экзогенных форм.	Шахты, тектонические пещеры, подгорные тоннели
Глубочайшие	600–...	Только эндогенные естественные пустоты, активное влияние глубинного тепла. Естественные полости уже едва сохраняются в условиях высокого давления. Шахтная добыча существенно отличается: проявление пластичных свойств горных пород, температуры становятся выше температуры тела человека, внезапные выбросы пород и газов в полости.	Магматические камеры, глубокие шахты

дельно можно выделить переходные формы от рельефа к субрельефу – колодезоподобные провалы, гроты, различные ниши, арки и т. п. (см. рис. 2).

Заключение

Положение подземных полостей (как объекта изучения) в системе наук весьма многогранно ввиду их широкого использования и специфичности, но, по-видимому, в первую очередь входит в область интересов геологии (говоря о веществе, в котором образованы полости) и геоморфологии (изучение морфологии, генезиса, возраста и динамики твердой поверхности подземных полостей). До последнего времени геоморфологические подходы к изучению рельефа подземных полостей в геоморфологии были слабо разработаны, исследования носили преимущественно спорадический характер. Предлагается концепция геоморфологического (в меньшей степени – географического) научного изучения подземных полостей, направленная на систематизацию представлений о них и подходов к их изучению. Для концепции также определены границы ее применимости. Основные положения концепции субрельефа (рельефа подземных полостей) заключаются в следующем:

- рельеф подземных полостей входит в понятие «объект геоморфологии», поскольку является границей раздела литосферы с атмо- и гидросферой, как и «классический» рельеф;

- подземные полости входят в морфодинамическую систему «геологическая среда – подземная полость – рельеф», обычно в стадии дряхлости проявляясь в виде деформаций земной поверхности,

т. е. участвуют в рельефообразовании и должны предметно изучаться геоморфологами;

- твердую поверхность подземных полостей предлагается называть *субрельефом*. *Субрельеф – совокупность неровностей границы литосферы с атмо- и гидросферой, частично или полностью находящихся под твердой дневной поверхностью Земли (или иных планетных тел)*;

- субрельеф, как и рельеф, состоит из нескольких уровней единиц – элементов, форм, комплексов. Элементы субрельефа – его простейшие составляющие (поверхности, линии, точки). *Форма субрельефа – это поверхность геометрически обособленного (иногда – частично обособленного) трехмерного естественного или техногенного тела, расположенная полностью или частично под твердой дневной поверхностью. Комплекс (тип) субрельефа – совокупность форм субрельефа, сходных по какому-либо признаку*;

- субрельеф обладает рядом специфических свойств: объемная замкнутость (или квазизамкнутость) отрицательных форм, значительная обособленность от поверхностных процессов, глубинная зональность; подземные пустоты являются местами обитания реликтовых и уникальных представителей флоры и фауны и др.;

- существуют специфические процессы (субтерральные), формирующие и/или преобразующие формы субрельефа (подземные напорные течения и др.);

- предложена генетическая классификация форм субрельефа, в которой выделяются 3 класса

по преобладающему источнику энергии и несколько подклассов и типов по основному агенту, создавшему форму;

– предложено деление (зонирование) подземных полостей по глубине залегания. Основанием для

такого подразделения является набор физических параметров, процессов и явлений;

– существует ряд специфических экологических проблем, связанных с субрельефом и субтерральными процессами.

Благодарности. Исследование проводится в рамках научной темы кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования (ГЗ)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Болысов С.И. Биогенное рельефообразование на суше. Том 2. Зональность. М.: ГЕОС, 2007. 466 с.

Болысов С.И., Неходцев В.А. Погребенный и подземный рельеф г. Москва // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: материалы XXXI Пленума геоморфологической комиссии РАН. Астрахань: Техноград, 2011. С. 151–156.

Болысов С.И., Неходцев В.А. Субрельеф и субтерральные процессы как фактор эколого-геоморфологической опасности в городах // Вестник РГУ имени С.А. Есенина. 2016. № 1(50). С. 87–105.

Болысов С.И., Неходцев В.А., Харченко С.В. Подземный рельеф Москвы // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2017. № 1(2). С. 59–73.

Веклич М.Ф. Палеогеоморфология области Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1966. 150 с.

Галицкий В.И. О классификации рельефа Земли и некоторых вопросах терминологии // Геоморфология. 1974. № 1. С. 38–44.

Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. 392 с.

Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Мысль, 1981. 214 с.

Дублянский В.Н., Андрейчук В.Н. Генетическая классификация подземных полостей // Геоморфология. 1993. № 1. С. 31–37.

Коротав В.П. Использование подземного пространства в Москве // Архитектура и строительство Москвы. 2009. № 1(543). С. 39–44.

Коротав В.П. Москва: градостроительный потенциал подземного пространства // GRADO. Журнал о градостроительстве и архитектуре. 2011. № 2. С. 70–81.

Крубер А.А. Карстовая область Горного Крыма. М., 1915. 319 с.

Мукаби Дж.Н., Кимура Й., Котеки С., Нзиги А. Основные инженерно-геологические проблемы развития подземного пространства в г. Найроби // Международный журнал «Гео-техника». 2012. № 4. С. 50–59.

Николаев Н.И. Об эволюционном развитии карстовых форм и значении структурно-тектонического фактора // Сов. геология. 1946. № 10. С. 46–57.

Семиколенных А.А., Таргульян В.О. Почвоподобные тела автохемолитотрофных экосистем пещер хребта Кугитангтау (Восточный Туркменистан) // Почвоведение. 2010. № 6. С. 658–672.

Симонов Ю.Г., Конищев В.Н., Лукашов А.А. и др. Учение о морфолитогенезе и его место в географической науке. Исторические аспекты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1998. № 4. С. 41–48.

Чикишев А.Г. Географические условия развития карста. М., 1975. 114 с.

Щукин И.С. Общая геоморфология. Том 2. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 564 с.

Corbel J. Erosion en terrain calcaire (vitesse d'érosion et morphologie). *Annales de Géographie*, 1959, vol. 68, p. 97–120.

Coman D. Le karst – paysage biogéochimique. *Theor. and Appl. Karstol. Buc.*, 1984, p. 43–61.

Culver D.C., White W.B. *Encyclopedia of Caves*. Elsevier / Academic Press, 2005, 654 p.

Gunn J. *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Taylor & Francis, 2004, 902 p.

Martel E.-A. *La spéléologie aux XXe siècle*, Paris: Hermann, 1905, 810 p.

White W.B., Culver D.C. *Encyclopedia of Caves*. Second Edition. Academic Press, 2012, 963 p.

Поступила в редакцию 15.04.2019

После доработки 25.08.2019

Принята к публикации 01.11.2019

S.I. Bolysov¹, V.A. Nekhodtsev²

CONCEPT OF SUBRELIEF (RELIEF OF UNDERGROUND CAVITIES)

Investigation of «relief» of the underground cavities doesn't actually match in modern geographic science with a paradigm of studying relief as an object of geomorphology. The article suggests a scientific conception of studying underground cavities in geomorphology (and geography). The term of «subrelief» (literally «under the relief» and «almost relief») is introduced to define solid surfaces of underground cavities proceeding from the meaning of «relief» as a complex of irregularities on the solid Earth's surface which is accepted in the Russian geomorphologic science. The article also introduces specific terms, genetic classification of subrelief form and zoning of underground cavities by depth, and defines the limits of

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sibol1954@bk.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, doctoral student; e-mail: baban.n@mail.ru

subrelief concept application. Some specific features of subrelief, such as closed volume, isolation from the Earth's surface processes, deep zonation etc., are also reviewed in the article. Underground cavities are the habitat of relict and unique plants and animals. Many hazardous and dangerous processes in urban areas are closely related to the subrelief.

Key words: geomorphology, caves, underground landforms, cavity, subrelief, theoretical geomorphology

Acknowledgements. The study was carried out under the research theme of the Department of Geomorphology and Paleogeography, MSU Faculty of Geography «Evolution of the natural environment, dynamics of relief and the geomorphologic safety of nature management» (State task).

REFERENCES

- Bolysov S.I. Biogennoe rel'efoobrazovanie na sushe. Tom 2. Zonal'nost' [Biogenic relief formation on land. Vol. 2. Zonation]. Moscow, GEOS Publ., 2007, 466 p. (In Russian)
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A. Pogrebennyj i podzemnyj rel'ef g. Moskva [Buried and Underground Landforms of Moscow]. *Teoreticheskie problemy sovremennoj geomorfologii. Teorija i praktika izuchenija geomorfologicheskikh sistem: materialy XXXI Plenum geomorfologicheskoy komissii RAN* [Theoretical problems of modern geomorphology. Theory and practice of studying geomorphological systems: materials of the XXXI Plenum of the RAS geomorphological commission]. Astrahan', Tehnograd Publ., 2011, p. 151–156. (In Russian)
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A. Subrel'ef i subterral'nye processy kak faktor jekologo-geomorfologicheskoy opasnosti v gorodah [Subrelief and subterrestrial processes as factors of geomorphologic hazards in towns]. *Vestnik RGU imeni S.A. Esenina*, 2016, no. 1(50), p. 87–105. (In Russian)
- Bolysov S.I., Nekhodtsev V.A., Kharchenko S.V. Podzemnyj rel'ef Moskvy [Underground Landforms of Moscow]. *Vestn. Mosk. un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2017, no. 1(2), p. 59–73. (In Russian)
- Chikishev A.G. Geograficheskie usloviya razvitiya karsta [Geographical Conditions of Karst Evolution]. Moscow, 1975, 114 p. (In Russian)
- Corbel J. Erosion en terrain calcaire (vitesse d'érosion et morphologie). *Annales de Géographie*, 1959, vol. 68, p. 97–120.
- Coman D. Le karst – paysage biogéochimique. *Theor. and Appl. Karsol. Buc.*, 1984, p. 43–61.
- Culver D.C., White W.B. Encyclopedia of Caves. Elsevier/Academic Press, 2005, 654 p.
- Dublyanskij V.N., Andrejchuk V.N. Geneticheskaya klassifikaciya podzemnyh polostej [Genetic Classification of Underground Cavities]. *Geomorfologiya*, 1993, no. 1, p. 31–37. (In Russian)
- Galickij V.I. O klassifikacii rel'efa Zemli i nekotoryh voprosah terminologii [About classification of the Earth's landforms and some terminology problems]. *Geomorfologiya*, 1974, no. 1, p. 38–44. (In Russian)
- Gvozdet'skij N.A. Problemy izucheniya karsta i praktika [Problems and practice of karst research]. Moscow, Mysl' Publ., 1972, 392 p. (In Russian)
- Gvozdet'skij N.A. Karst [Karst]. Moscow, Mysl' Publ., 1981, 214 p. (In Russian)
- Gunn J. Encyclopedia of Caves and Karst Science. Taylor & Francis, 2004, 902 p.
- Korotaev V.P. Ispol'zovanie podzemnogo prostranstva v Moskve [Utilization of underground space in Moscow]. *Arhitektura i stroitel'stvo Moskvy*, 2009, no. 1(543), p. 39–44. (In Russian)
- Korotaev V.P. Moskva: gradostroitel'nyj potencial podzemnogo prostranstva [Moscow: urban development potential of underground space]. *GRADO. Zhurnal o gradostroitel'stve i arhitekture*, 2011, no. 2, p. 70–81. (In Russian)
- Kruber A.A. Karstovaya oblast' Gornogo Kryma [Karst Area of the Mountainous Crimea]. Moscow, 1915, 319 p. (In Russian)
- Martel E.-A. La spéléologie aux XXe siècle. Paris, Hermann, 1905, 810 p.
- Mukabi Dzh.N., Kimura J., Koteki S., Ngigi A. Osnovnye inzhenerno-geologicheskie problemy razvitiya podzemnogo prostranstva v g. Najrobi [The main geotechnical problems of the underground space development in Nairobi]. *Mezhdunarodnyj zhurnal «Geotekhnika»*, 2012, no. 4, p. 50–59. (In Russian)
- Nikolaev N.I. Ob jevoljucionnom razvitii karstovyh form i znachenii strukturno-tektonicheskogo faktora [On the evolution of karst landforms and importance of the structural-tectonic factor]. *Sov. Geologiya*, 1946, no. 10, p. 46–57. (In Russian)
- Semikolennykh A.A., Targulian V.O. Pochvopodobnye tela avtohemolitotrofnih ehkossistem peshcher hrebta Kugitangtau (Vostochnyj Turkmenistan) [Soil-Like Bodies of Autochemolithotrophic Ecosystems in the Caves of the Kugitangtau Ridge (Eastern Turkmenistan)]. *Pochvovedenie*, 2010, no. 6, p. 658–672. (In Russian)
- Shchukin I.S. Obshchaya geomorfologiya. Tom 2 [General Geomorphology. Vol. 2]. Moscow, Moscow University Publ., 1964, 564 p. (In Russian)
- Simonov Yu.G., Konishchev V.N., Lukashov A.A. et al. Uchenie o morfolitogeneze i ego mesto v geograficheskoy nauke. Istoricheskie aspekty [Morpholithogenesis Doctrine and its Place in Geography Science. Historical Issue]. *Vestn. Mosk. un-ta*. Ser. 5, Geogr., 1998, no. 4, p. 41–48. (In Russian)
- Veklich M.F. Paleogeomorfologiya oblasti Ukrains'kogo shchita [Paleogeomorphology of the Ukrainian Shield Area]. Kiev: Naukova Dumka Publ., 1966, 150 p. (In Russian)
- White W.B., Culver D.C. Encyclopedia of Caves. Second Edition. Academic Press, 2012, 963 p.

Received 15.04.2019

Revised 25.08.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 551.521

Е.В. Горбаренко¹

ЭМПИРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОМПОНЕНТОВ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

В метеорологической обсерватории МГУ накоплен уникальный материал актинометрических и метеорологических наблюдений, который не имеет аналогов в мировой науке. На его основе проведена оценка основных составляющих радиационного баланса в зависимости от факторов, определяющих их изменчивость в реальной атмосфере. Создана прикладная эмпирическая модель изменчивости компонентов радиационного баланса земной поверхности. Валидация модели проведена путем прямого сравнения получаемых результатов с данными независимых измерений. Предложенные эмпирические уравнения позволят проводить вычисления радиационных характеристик атмосферы на основе сетевых метеорологических и актинометрических данных.

Ключевые слова: радиационный климат, многолетние наблюдения, облачность, солнечная радиация, длинноволновая радиация, альbedo, радиационный баланс, эмпирическая модель

Введение. В настоящее время изменение климата стало одной из важнейших проблем мирового сообщества. Обсуждая основные причины потепления, приверженцы и антропогенной, и естественной теории изменения климата едины в понимании механизма его реализации через меняющиеся соотношения восходящих и нисходящих потоков солнечной и земной радиации. Существует значительное количество нестационарных параметров, влияющих на радиационные потоки в атмосфере, а следовательно, и на климат. При описании процессов переноса излучения в реальной атмосфере возникают определенные проблемы их адекватного учета. Успешное прогнозирование погоды и климата связано с установлением точных количественных зависимостей между энергетическими характеристиками солнечного излучения, собственного излучения земной поверхности и атмосферы с ее основными метеорологическими и радиационными параметрами. Главным средством оценки радиационных параметров атмосферы и их временной изменчивости являются многолетние наземные измерения солнечной радиации, проводимые на мировой сети актинометрических станций. Подобные измерения с 1954 года проводятся в Метеорологической обсерватории при кафедре метеорологии и климатологии географического факультета МГУ (МО МГУ). МО МГУ входит в национальную и мировую сеть наземных актинометрических наблюдений, все измерения проводятся в соответствии с принятыми международными и отечественными нормами, установленными ВМО и Росгидрометом. В статье на основе анализа радиационного климата Москвы дана оценка значимости факторов, определяющих изменения коротковолновой и длинноволновой частей радиационного баланса. Представлена прикладная эмпирическая модель изменчивости компонентов радиационного баланса земной поверхности. Построение модели основывается на регрессионном

анализе данных, полученных в ходе измерений в МО МГУ радиационных и метеорологических параметров атмосферы и земной поверхности. Валидация предложенной модели проведена путем прямого сравнения получаемых результатов с данными независимых измерений и радиационной модели. Большая работа по систематизации результатов актинометрических наблюдений была проделана совместно с Галиной Михайловной Абакумовой и Ольгой Александровной Шиловцевой, безвременно ушедшими из жизни в 2017 году. Данная работа является дальнейшим развитием наших общих исследований в области актинометрии и обобщением результатов, приведенных ранее в работах [Абакумова с соавт., 2012; Горбаренко, Абакумова, 2011; Горбаренко, 2013, 2016, 2017].

Материалы и методы исследований. МО МГУ располагает уникальным комплексом непрерывных актинометрических и метеорологических наблюдений. Перечень наблюдений и действующих приборов приведен на сайте МО МГУ (www.momsu.ru). Однородность рядов актинометрических данных обеспечивается использованием однотипных приборов, а также регулярной поверкой по групповому эталону единицы энергетической освещенности солнечным излучением Росгидромета, обеспечивающим передачу шкалы Мирового радиационного эталона. В оперативном режиме формируются базы метеорологических и актинометрических данных в среде Microsoft Office Access. Данные передаются в Главную Геофизическую Обсерваторию им. А.И. Воейкова (ГГО) для включения в национальный режимно-справочный банк данных «Актинометрия»; в Мировой центр радиационных данных (МЦРД) (<http://wrdc.mgo.rssi.ru>), где проходят дополнительную проверку; публикуются в ежеквартальном бюллетене «Солнечная радиация и радиационный баланс (мировая сеть)». На данный момент МО МГУ единственная станция России, где сохранился непрерывный (с 1954 г.), однородный

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, канд. геогр. н., вед. науч. с.; e-mail: catgor@mail.ru

ряд наблюдений за радиационным балансом подстилающей поверхности (B). Радиационный баланс (B) подстилающей поверхности является одним из основных климатообразующих факторов. Результирующая величина, с учетом направления коротковолновых и длинноволновых потоков, определяется уравнением радиационного баланса:

$$B = [(S' + D) - R_k] - E_{\text{эф}} = Q(1 - A) - E_{\text{эф}} = B_k - E_{\text{эф}}. \quad (1)$$

Коротковолновые компоненты радиационного баланса (B): прямая радиация, поступающая на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность (S'), рассеянная (D) и отраженная (R_k) радиации, а также радиационный баланс без учета прямой солнечной радиации ($B - S'$) измеряются термоэлектрическими приборами Ю.Д. Янишевского, принятыми за основные приборы на национальной актинометрической сети. Неизмеряемые коротковолновые (прямая на горизонтальную поверхность (S'), суммарная (Q), поглощенная (B_k) радиация) и длинноволновые компоненты (эффективное излучение ($E_{\text{эф}}$), собственное излучение ($E_{\text{п}}$), противоизлучение атмосферы ($E_{\text{а}}$)) радиационного баланса вычисляются по формулам, приведенным в руководстве [Наставление ..., 1997; Луцько с соавт., 2017].

К основным факторам, определяющим изменчивость радиационного баланса, относятся: продолжительность солнечного сияния (ПСС), высота Солнца (h), условия облачности, влагосодержание атмосферы (w), количество аэрозолей и парниковых газов, стратификация атмосферы, состояние подстилающей поверхности, ее температура ($T_{\text{п}}$) и альбеда (A), которое характеризует отражательную способность поверхности. Для получения количественных оценок интенсивности потоков солнечного и теплового излучения в различных условиях были использованы архивные и оперативные данные об этих параметрах атмосферы. Данные о ПСС получены с помощью гелиографа универсальной модели Кэмпбелла–Стокса, данные о балле и форме облаков – по ежечасным визуальным наблюдениям в дневное время и в основные метеорологические сроки в ночное время. Прозрачность атмосферы оценивалась по значениям аэрозольной оптической толщины атмосферы на длине волны 550 нм (τ_a, λ_0), рассчитанной по методике работы [Тарасова, Ярхо, 1991]. Вся информация по данным метеорологических и актинометрических измерений хранится в базе данных «All_potoki» и «meteo», в среде Microsoft Office Access, что позволило сделать выборки и сформировать базы по выделенным признакам и соответствующим им значениям радиации.

По данным ежечасных наблюдений за баллом и формой облаков, состоянием солнечного диска были рассмотрены условия безоблачной атмосферы (0/0 балла), ситуации пасмурного неба со сплошной облачностью различных видов облаков (10/10 баллов), средние условия облачности в теплый и холодный период года. Выделение сезонов произведено по состоянию подстилающей поверхности и изменению альбеда. В теплый период года – это

поверхность с естественным травяным покровом в различных стадиях вегетации (A в пределах 14–23%), а в холодный – со снежным покровом (A в пределах 45–90%). Были выделены квазиоднородные периоды по значениям аэрозольной оптической толщины атмосферы и проведены оценки влияния на изменение компонентов радиационного баланса оптических параметров атмосферы продуктов вулканических извержений и лесных пожаров. Количественные зависимости между элементами получены по данным измерений за различные отрезки времени в период наблюдений 1958–2013 гг. Проверка полученных соотношений проводилась на независимых наблюдениях в период 2014–2018 гг. и по радиационной модели, выполненной методом Монте-Карло в Российском научном центре «Курчатовский институт» [Горчакова с соавт., 2005]. Анализ радиационного климата Москвы проведен по данным наблюдений с 1955 по 2017 год.

Результаты исследований и их обсуждение.

Радиационный климат Москвы и его современные изменения. Под радиационным климатом территории подразумевается ее радиационный режим, включающий информацию о радиационных потоках и общем радиационном балансе, полученную осреднением данных за период более 30 лет. Это позволяет определить климатические нормы радиационных характеристик, их средние и предельные значения. При оценке радиационного режима рассматриваются суточные, месячные, годовые и межгодовые изменения потоков. Радиационный режим Москвы был ранее описан в работах [Абакумова с соавт., 2012; Климат Москвы ..., 2017; Abakumova et al., 2008], тем не менее, в данной статье приводится краткое описание его особенностей с анализом современных изменений.

Периодические закономерные изменения радиационного режима определяются астрономическими факторами. Основопологающим показателем для любого региона является возможная продолжительность солнечного сияния и высота Солнца над горизонтом. На широте Москвы теоретически возможная ПСС изменяется от 221 ч в декабре до 524 ч в июле, а высота Солнца на 15 число месяца растет от 10,7° в декабре до 57,1° в июне. В соответствии с этими факторами максимальные часовые суммы составляющих радиационного баланса по средним многолетним данным в суточном ходе приходится на околополуденные часы. В годовом ходе максимальные месячные суммы наблюдаются в июне–июле, когда высота Солнца и продолжительность дня максимальны. На рисунке 1А в качестве примера приведен суточный ход значений радиационного баланса за каждый месяц года. Эти закономерности могут существенно меняться под воздействием переменных составляющих атмосферы, прежде всего, режима ее облачности и прозрачности, альбеда поверхности.

Главным естественным фактором, регулирующим радиационный режим атмосферы, является облачность, которая, с одной стороны, отражает и уменьшает общий приход коротковолновой солнеч-

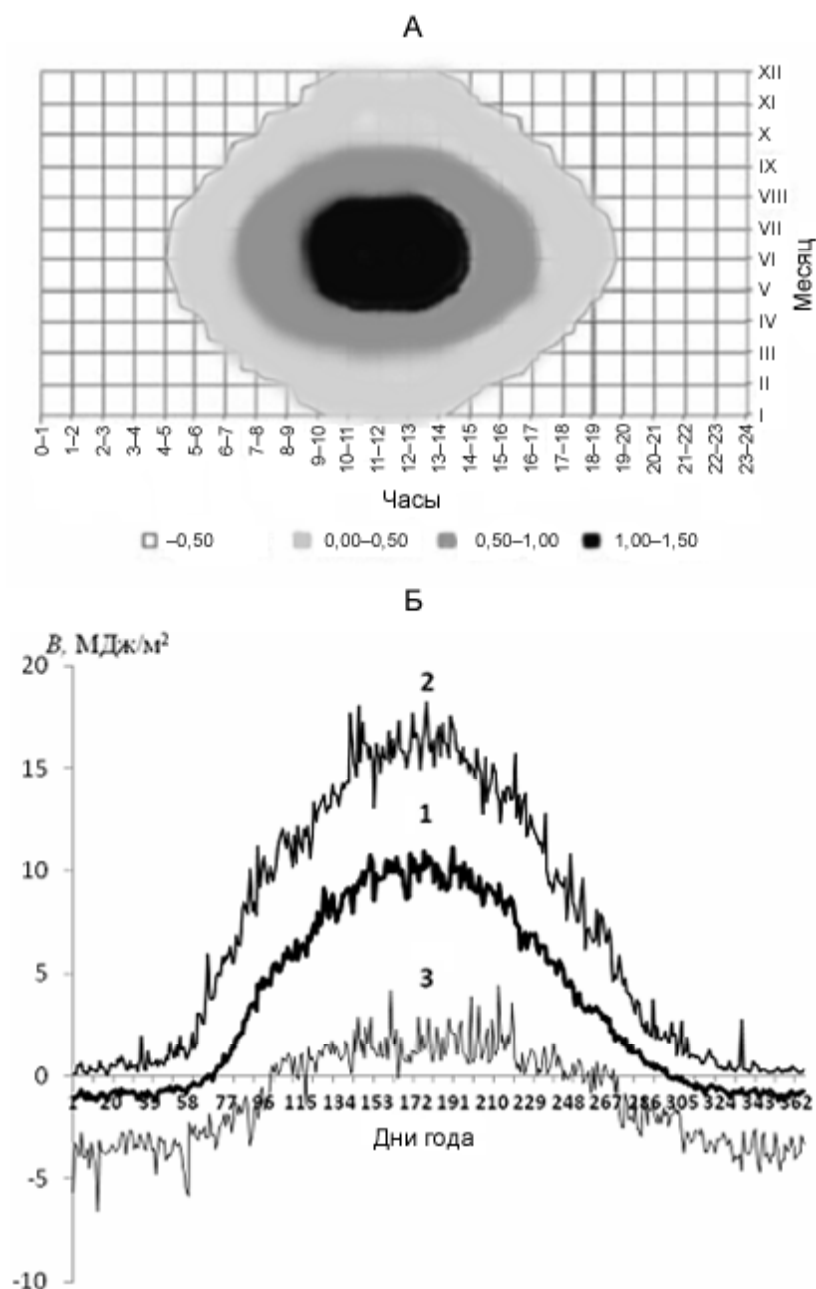


Рис. 1. Изменчивость радиационного баланса: А – суточный ход за каждый месяц года; Б – средние (1), максимальные (2) и минимальные (3) суточные суммы за все дни года

Fig. 1. Variability of the radiation balance: А – daily variation for each month of the year; Б – average (1), maximum (2) and minimum (3) daily amounts for all days of the year

ной радиации, с другой стороны, поглощая собственное излучение теплого приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности, увеличивает длинноволновые потоки.

В соответствии с условиями образования суточного хода характерен для облаков вертикального развития и слоистых форм. Облака вертикального развития имеют максимум в послеполуденные часы, облака слоистых форм – утром [Горбаренко с соавт., 2017]. Вслед за развитием облачности меняется соотношение прямого и рассеянного потока в суммарном приходе солнечной радиации. В среднем за год для суммарной и поглощенной радиации

характерно превышение часовых сумм в дополуденные сроки. Суточный ход длинноволновых потоков при средних условиях облачности соответствует суточному ходу температуры и имеет простой вид с наибольшими значениями в околополуденные часы. Ночные часовые значения $E_{эф}$ в два раза (зимой) и в три раза (летом) меньше дневных. В ясные ночи существенно увеличивается $E_{эф}$. Усиление радиационного выхолаживания заметно утром при положительной температуре поверхности почвы по выпавшей росе, при отрицательной – по инею. При сплошной плотной облачности суточный ход $E_{эф}$ выражен слабо, так как возрастает поток противоизлучения

атмосферы. В случаях плотной дождевой облачности E_a может и превышать собственное излучение земли. Время перехода суточных значений общего радиационного баланса через ноль соответствует времени начала превалирования длинноволновых потоков над коротковолновыми и отмечается в среднем за 1 ч 30 мин до захода Солнца и через час после восхода Солнца. Ночью B , определяемый только эффективным излучением, во все месяцы года имеет, как правило, отрицательные значения. Максимальные значения радиационного баланса наблюдаются в околополуденные часы, увеличиваясь с декабря к июню от 0,01 до 1,3 МДж/м² [Горбаренко, Абакумова, 2011].

Средние многолетние значения суточных сумм солнечной и длинноволновой радиации максимальны в июне–июле и минимальны в декабре. Средние значения суточных сумм Q изменяются в широких пре-

делах: от 1,25 МДж/м² в декабре до 20,28 МДж/м² в июне, а их экстремальные величины, характеризующие наибольший и наименьший приход радиации, от 0,12 до 31,82 МДж/м². Основной вклад в суточную сумму Q при средних условиях облачности вносит рассеянная радиация, доля которой колеблется от 51% в мае–июне, до 100% в декабре. На величину отраженной радиации, наряду с приходом солнечной радиации, большое влияние оказывает альbedo подстилающей поверхности. В марте, когда еще лежит снежный покров и, следовательно, велико альbedo, суточные суммы максимальны. Максимальная дневная сумма R_k – 4,34 МДж/м², на 4% больше июньской и более чем в 6 раз превышает сумму в декабре. Наибольшие изменения эффективного излучения происходят в период с марта по апрель и с октября по ноябрь во время схода и установления

Статистические характеристики месячных и годовых

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
ПСС, час													
1955–2017	31,8	64,4	137,6	181,3	266,5	282,2	286,3	242,9	149,7	75,8	32,2	19	1769,9
Мин.	7,6	22,7	65,9	92,4	123,3	159,9	191,7	130,6	57,3	18	7,9	0	1478
Год	1966	1991	1976	1986	1980	2003	1993	1960	1990	1982	1976	1968	1980
Макс.	78	152,2	208,4	258,4	378,2	404,8	411,2	347,8	226,5	148,7	81,1	55	2168
Год	1973	1969	1996	2014	2002	1999	2014	1955	1974	2005	1958	2002	2014
Общая облачность, балл													
1965–2017	9	8,6	8	8	7,4	7,7	7,5	7,3	8,2	8,7	9,1	9,1	8,2
Мин.	6,2	4,7	5,6	5,3	5,5	4,9	5,1	4,8	6,5	7,2	7,4	7,3	7
Год	1973	1969	1969	1965	1970	1999	1972	1996	1974	1987	1975	1985	1972
Макс.	9,9	9,7	9,3	9,4	9,2	8,9	9,2	8,8	9,7	9,8	9,8	10	8,6
Год	2004	2002	1988	1973	1980	2005	2013	1987	2013	2006	2006	2000, 2017	2013
Нижняя облачность, балл													
1965–2017	7,1	6,2	5,5	5,1	4,6	5	4,8	4,8	5,8	7,1	8,1	8	6
Мин.	3,6	1,7	2,8	3,2	2,8	2,9	2,3	3,2	3,3	4,4	5,3	5,3	4,8
Год	1973	1969	1969	2009	1967	1968	1972	1996	1974	1987	1967	2002	1967
Макс.	9,1	8,8	7,4	7,3	7,7	7,2	6,6	7	8,6	9,3	9,4	9,7	6,8
Год	1994	1990	1978	1986	1980	2003	1979	1980	1990	1982	2003	2000	1990
АОТ550													
1955–2017	0,13	0,15	0,19	0,24	0,22	0,2	0,22	0,23	0,19	0,13	0,11	0,12	0,18
Мин.	0,47	0,44	0,44	0,54	0,51	0,39	0,35	0,9	0,64	0,38	0,34	0,44	0,33
Год	1968	1985	1992	1983	1983	1981	1972	2010	2002	1984	1965	1966	1983
Макс.	0,01	0,02	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,08
Год	2009	1989	1997	2017	2017	2017	2017	2015	2003	2013	2003	>3	2017
Альbedo													
1958–2017	62	63	47	18	20	20	20	20	20	21	37	54	25
Мин.	50	36	19	12	16	18	14	15	15	13	18	23	19
Год	1971	2002	2002	1979	1970	>3 лет	2002	2002	2002	2008	1996	2008	2002
Макс.	73	79	70	33	24	24	24	25	25	36	58	78	31
Год	1960	1959	2013	1963	1966	1964	1965	1965	1994	1976	1960	1959	2008

снежного покрова. Средние значения суточных сумм радиационного баланса увеличиваются с января по июнь (от -1 до 10 МДж/м²). В соответствии с перераспределением доли коротковолновой и длинноволновой частей общего баланса суточные суммы B отрицательны с ноября по февраль, а в некоторые годы – с сентября по апрель. По данным за 1958–2017 гг. число дней в году с отрицательным B изменяется от 64 (2015 г.) до 137 (1963 г.). Определяющим фактором начала периода с отрицательными суточными суммами B является альbedo подстилающей поверхности. В среднем переход B через ноль наблюдается после 13 марта и 24 октября, однако нередко весенняя перемена их знака смещается на конец марта – апрель и зимой наблюдается немало дней с положительными суточными суммами радиационного баланса (рис. 1Б). Устойчивая

тенденция уменьшения числа дней с отрицательной суточной суммой радиационного баланса стала одним из главных проявлений в современных изменениях радиационного климата Москвы (рис. 2А).

Годовой ход месячных сумм составляющих радиационного баланса аналогичен годовому ходу их суточных сумм, определяется продолжительностью светового дня и в значительной степени обусловлен внутригодовым распределением облачности. Средние месячные значения балла общей облачности в течение года меняются от 7,3 балла в августе до 9,1 балла в ноябре и декабре, а нижней – от 4,6 балла в мае до 8,1 балла в ноябре, месячные значения ПСС изменяются от 19 ч. в декабре до 286 ч. в июне–июле (табл. 1). Максимум в годовом ходе месячных сумм S' , D , Q , B_k , B и значений $E_{эф}$ (по модулю) приходится на июнь–июль, когда высота

Таблица 1

сумм радиационных параметров атмосферы

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Месячные суммы суммарной радиации, МДж/м ²													
1958–2017	61	129	281	400	578	609	596	478	289	143	58	37	3663
Мин.	42	75	197	272	400	458	482	336	194	86	34	22	3346
Год	1989	1990	1979	1986	1980	2003	1993	1960	1990	1970,2	2003	1960	1990
Макс.	83	186	371	490	719	769	742	568	371	192	94	61	4065
Год	1973,2	1969	1996	2014	2002	1968	2010	2015	1974	1987	1967	2002	1963
Месячные суммы отраженной радиации, МДж/м ²													
1958–2017	38	82	133	74	117	124	118	95	57	30	22	20	910
Мин.	22	30	51	37	73	90	92	67	31	14	8	5	682
Год	1971	2002	2003	1986	1980	2003	2007	2006	1990	1970	1996	2008	2008
Макс.	53	133	233	158	155	178	151	135	80	54	44	33	1239
Год	1967	1969	1963	1963	1967	1967	1994	2015	1963	1976	1988	1977	1963
Месячные суммы радиационного баланса, МДж/м ²													
1958–2017	–27	–19	33	167	274	303	299	217	103	22	–17	–25	1329
Мин.	–65	–72	–34	115	201	224	237	140	61	–5	–38	–56	1117
Год	1972	1969	1970	1983	1980	2003	1993	1960	1990	1976	1975	1962	1980
Макс.	4	11	103	218	354	373	374	289	148	48	4	–4	1690
Год	2006	2002	2014	2014	2002	1999	2010	2015	2014	2015	2009	2000	2014
Месячные суммы поглощенной радиации, МДж/м ²													
1958–2017	23	47	148	326	461	485	478	383	232	112	37	17	2751
Мин.	14	26	82	235	327	368	380	259	128	65	22	7	2478
Год	2009	1959	1966	1986	1980	2003	1962	1960	2013	1982	1969	2017	2013
Макс.	36	81	224	406	567	598	612	458	301	155	68	33	3164
Год	1973	1972	2014	1960	2002	1999	2010	2005	1974	1987	1967	2002	2002
Месячные суммы эффективного излучения, МДж/м ²													
1958–2017	–49	–66	–115	–160	–187	–182	–179	–166	–128	–90	–53	–42	–1419
Мин.	–101	–125	–170	–213	–243	–239	–250	–215	–175	–131	–100	–75	–1726
Год	1973	1969	1996	1960	1993	1995	1992	1992	1974	1987	1958	1962	1967
Макс.	–22	–39	–62	–104	–126	–144	–110	–113	–62	–55	–23	–13	–1080
Год	2004	1990	1966	1973	1980	2003	2000	1958	2013	1970	2003	2017	2013

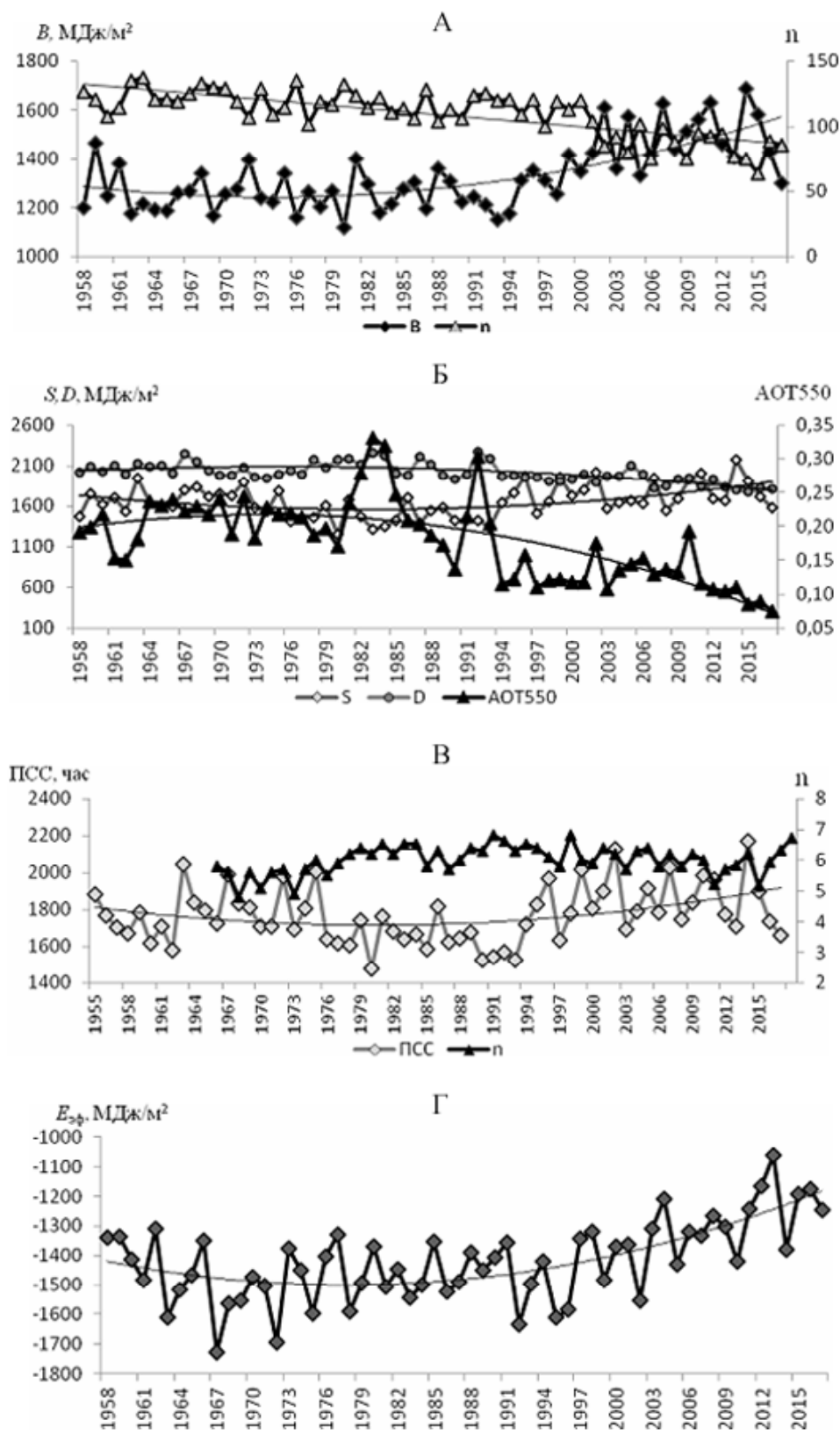


Рис. 2. Многолетние изменения средних годовых значений: А – радиационного баланса (B) и числа дней (n) с отрицательной суточной суммой радиации B ; Б – аэрозольной оптической толщины (AOT550), прямой (S) и рассеянной (D) солнечной; В – продолжительности солнечного сияния (ПСС) и балла нижней облачности (n); Г – эффективного излучения ($E_{эф}$) (тонкие черные кривые – линии тренда)

Fig.2. Long-term changes in average annual values: А – radiation balance (B) and the number (n) of below zero daily amounts of B ; Б – aerosol optical thickness (AOT550), direct (S) and diffuse (D) solar radiation; В – sunshine duration (ПСС) and lower cloud score (n); Г – effective radiation ($E_{эф}$) (thin black curves are trend lines);

Солнца и продолжительность дня максимальны, а облачность и число дней без Солнца минимальны, минимум – на декабрь.

В отличие от приходящих потоков солнечной радиации, в годовом ходе отраженной радиации отмечается два максимума (см. табл. 1). Весенний максимум R_k наблюдается в марте–апреле, когда суммарная радиация прибывает пропорционально росту высоты Солнца, а альbedo подстилающей поверхности при сохранении снежного покрова остается высоким. Летний максимум наступает вслед за максимальными значениями суммарной радиации в июне–июле. В зависимости от состояния снежного покрова, весенний максимум может быть основным или второстепенным. В целом за год поглощенная радиация, зависящая от прихода суммарной радиации и альbedo подстилающей поверхности, составляет 75% от годовой суммы Q , это соотношение изменяется от 35% в феврале до 82% в апреле. В течение большей части года радиационный баланс имеет положительное значение: земная поверхность больше получает лучистого тепла, чем отдаёт его в атмосферу. Месячные суммы радиационного баланса отрицательны в ноябре–феврале, а иногда – в октябре–марте. В эти месяцы эффективное излучение в 1,5–2,7 раза превышает поглощённую радиацию. Наибольшее отрицательное значение B (-72 МДж/м²) отмечено в феврале 1969 г., а наибольшее положительное (374 МДж/м²) – в июле 2010 г. (см. табл. 1).

Важным фактором, регулирующим радиационные потоки в безоблачных условиях, является аэрозольная составляющая прозрачности атмосферы. Но существенные изменения радиационного режима под ее влиянием наблюдаются только при экстремальных повышениях аэрозольной мутности. Ее значительное увеличение связано с вулканическими извержениями, влияние которых сказывается на τ_a, λ_0 в течение последующих двух лет. Максимальные годовые значения τ_a, λ_0 за весь период наблюдений отмечены после извержений вулканов Эль-Чичон (1982 г.) и Пинатубо (1991 г.) (см. рис. 2 Б) [Абакумова, Горбаренко, 2008]. В период влияния этих вулканов прямая интегральная радиация уменьшилась на 6–15%, рассеянная увеличилась на 3–40%, а суммарная радиация Q уменьшилась на 2–7%.

Абсолютные максимумы τ_a, λ_0 отмечены в июле, августе и сентябре 1972, 2002, 2010 годов, когда в Москве наблюдалась дымная мгла от лесных и торфяных пожаров. В дни с дымной мглой продолжительность солнечного сияния уменьшалась на 70–90% от возможных значений. 7 августа 2010 года, когда значения τ_a, λ_0 превысили 5, ПСС равнялась нулю при безоблачной погоде. По сравнению с «чистыми условиями» прямая солнечная радиация уменьшалась от 35 до 95%, более чем на 50% увеличивалась рассеянная радиация, в результате суммарная радиация уменьшалась на 10–30%. В период дымной мглы менялся спектральный состав солнечного излучения [Чубарова с соавт., 2011]. Наличие в атмосфере аэрозоля приводило к росту

длинноволновых потоков. Действие дымового аэрозоля кратковременно, он быстро вымывается из атмосферы и не сказывается на климатических изменениях радиационных потоков.

С 1985 года отмечается тенденция к уменьшению аэрозольной мутности над Москвой, что совпадает со спадом промышленного производства в городе. Увеличение τ_a, λ_0 в 1991 году связано с извержением вулкана Пинатубо. К 1994 году произошло полное очищение атмосферы, с 1995 года наблюдается стабильное уменьшение ее аэрозольной мутности. В 2017 году отмечено минимальное среднее годовое значение τ_a, λ_0 (0,08) за весь период наблюдений МО МГУ. Значимый отрицательный тренд τ_a, λ_0 – один из основных факторов современных климатических изменений радиационного режима в Москве, влияющий на увеличение прямой радиации и ее доли в суммарном потоке (см. рис. 2Б). Основную роль в межгодовой изменчивости радиационных потоков играет режим облачности. Уменьшение облачности нижнего яруса, прежде всего уменьшение повторяемости сплошной облачности, определило рост продолжительности солнечного сияния, увеличение суммарного прихода интегральной солнечной радиации (см. рис. 2В). Значимые тенденции роста отмечены для противоизлучения атмосферы (статистическая значимость линейных трендов радиационных параметров оценивалась с помощью критерия Стьюдента. Значимым считался тренд, доверительная вероятность которого $P=95\%$) [Горбаренко, 2016]. Самый заметный рост за весь период наблюдений отмечен для средних годовых значений радиационного баланса. Ежегодное существенное увеличение B началось с середины 1990-х годов, в последнее десятилетие скорость роста его годовых значений увеличилась вдвое (см. рис. 2А). Увеличение значений B происходит за счет роста годовых сумм как поглощенной радиации, так и эффективного излучения земной поверхности. Основной вклад в положительный тренд B вносят изменения эффективного излучения (см. рис. 2Г).

Параметризация компонент радиационного баланса. Современная актинометрическая сеть России претерпела большие потери в связи с сокращением числа станций и уменьшением пунктов наблюдений за радиационным балансом. Недостаток фактических данных приводит к необходимости прибегать к расчетным методам.

Параметризация коротковолновых потоков солнечной радиации. Периодические изменения коротковолновых составляющих B определяются высотой Солнца, длиной светового дня и связаны точной функциональной зависимостью с широтой места, склонением Солнца и временем суток. В безоблачной атмосфере важным фактором является прозрачность атмосферы для солнечных лучей и ее основная аэрозольная составляющая. В таблице 2 приведены эмпирические уравнения, выражающие зависимость коротковолновых потоков от высоты Солнца при различных значениях аэрозольной оптической толщины атмосферы τ_a, λ_0 . Макси-

Таблица 2

Уравнения зависимости потоков коротковолновой солнечной радиации (кВт/м²) от высоты Солнца в безоблачной атмосфере

	Теплый период		Холодный период	
	Уравнение	R ²	Уравнение	R ²
S	$S_{\text{ср}} = 0,430(\sinh)^2 + 0,476(\sinh) - 0,025$	0,999	$S_{\text{ср}} = 0,542(\sinh)^2 + 0,563(\sinh) - 0,031$	0,999
	$S_{\text{макс}} = 0,062(\sinh)^2 + 0,100(\sinh) - 0,068$	0,999	$S_{\text{макс}} = 0,187(\sinh)^2 + 0,976(\sinh) - 0,056$	0,999
	$S_{\text{мин}} = 0,343(\sinh)^2 - 0,022(\sinh) + 0,005$	0,992	$S_{\text{мин}} = 1,057(\sinh)^2 - 0,131(\sinh) + 0,004$	0,993
S/D	$(S/D)_{\text{ср}} = 5,853(\sinh)^{0,983}$	0,985	$(S/D)_{\text{ср}} = -2,216(\sinh)^2 + 8,142(\sinh) - 0,104$	0,977
	$(S/D)_{\text{макс}} = -9,596(\sinh)^2 + 19,855(\sinh) - 0,40$	0,99	$(S/D)_{\text{макс}} = -18,739(\sinh)^2 + 24,376(\sinh) - 0,982$	0,994
	$(S/D)_{\text{мин}} = 0,756(\sinh)^{1,002}$	0,865	$(S/D)_{\text{мин}} = 2,722(\sinh)^2 + 0,316(\sinh) + 0,027$	0,989
Q	$Q_{\text{ср}} = 1,037(\sinh)^{1,202}$	0,999	$Q_{\text{ср}} = 0,260(\sinh)^2 + 0,947(\sinh) - 0,025$	0,999
	$Q_{\text{макс}} = 1,166(\sinh)^{1,161}$	0,998	$Q_{\text{макс}} = -0,146(\sinh)^2 + 1,311(\sinh) - 0,047$	0,998
	$Q_{\text{мин}} = 0,370(\sinh)^2 + 0,455(\sinh) + 0,004$	0,999	$Q_{\text{мин}} = 1,068(\sinh)^2 + 0,290(\sinh) + 0,004$	0,993

мальные значения потоков получены для значений $\tau_a, \lambda_o < 0,15$, средние для τ_a, λ_o от 0,15 до 0,30, минимальные при $\tau_a, \lambda_o > 0,30$. Для теплого периода получены эмпирические уравнения изменения Q при безоблачном небе в зависимости от высоты Солнца и параметров прозрачности атмосферы: коэффициента интегральной прозрачности атмосферы P_2 (2) и аэрозольной оптической толщины атмосферы (τ_a, λ_o):

$$Q = a(P_2)^b; a = 1,177(\sinh)^{1,091}; b = 1,186(\sinh)^2 - 2,127\sinh + 1,32, \quad (2)$$

$$Q = a(\tau_a, \lambda_o)^b; a = 0,957(\sinh)^{1,284}; b = 0,152(\sinh)^2 - 0,106\sinh - 0,077. \quad (3)$$

Проверка на независимом материале показала, что наилучшие результаты дает использование уравнений, соответствующих максимальным значениям потоков, разница 1–2%. Практически полная сходимость результатов при использовании этого уравнения объясняется тем, что сравнение проводилось на данных последних лет, когда наблюдалась наибольшая прозрачность атмосферы за весь период наблюдений. При использовании уравнений 2 и 3 относительная ошибка возрастает до 3–5%. Значения суммарной радиации, рассчитанные по уравнению 3, были сопоставлены с модельными расчетами, выполненными в Российском научном центре «Курчатовский институт» методом Монте-Карло, при условиях, близких к реальным. Как показало это сравнение, различия составили 3,3%.

Параметризация солнечных потоков в облачной атмосфере представляет более сложную задачу. Облачность изменчива, ее влияние настолько велико, что может нарушить основные периодические закономерности изменчивости потоков солнечной радиации, которые меняются в зависимости от оптической плотности облаков, их распределения по небесному своду, положения относительно солнечного диска. Для выявления особенностей ослабления солнечной радиации различными видами облаков в [Абакумова с соавт., 2012] были рассмотрены случаи сплошной облачности: верхней перистой облачности (Ci), средней высококучево-кучевой (Ac), нижней слоисто-кучевой (Sc), слоистой (St) и дождевой: кучево-дождевой (Cb), слоисто-дождевой облачности (Ns). При отборе пасмурных дней выбирались часы с облачностью 10/0 и 10/10 баллов, с отсутствием в светлую часть суток прямой солнечной радиации и просветов между облаками. Зависимости значений суммарной солнечной радиации от h при различных условиях сплошной облачности были аппроксимированы полиномиальными уравнениями, параметры которых представлены в таблице 3. Надо признать, что ошибки определения Q по этим формулам достигают 7–15%. Ошибка увеличивается при сплошном покрове нижней облачности, выше которой могут располагаться облака других форм, наличие которых невозможно определить при назем-

Таблица 3

Параметры аппроксимации $Q = a(\sinh)^2 + b(\sinh)$ зависимости суммарной радиации (кВт/м²) от высоты Солнца при сплошном покрове облаков разных форм, теплый период

Формы облаков	Ci	Ci+Ac	Sc	St+St fr	Cb+Fmb	Ns+Fmb	туман
Параметры							
a	0,400	0,278	0,034	0,024	0,028	-0,041	-0,300
b	0,660	0,614	0,228	0,168	0,119	0,129	0,357
R ²	0,96	0,87	0,58	0,47	0,38	0,42	0,42
$\sigma_{\text{ур}}^*$	0,041	0,07	0,043	0,049	0,038	0,022	0,033

Примечание*: $\sigma_{\text{ур}}$ – средняя квадратическая ошибка уравнения.

ных наблюдениях. Наибольшее ослабление суммарной солнечной радиации происходит облаками нижнего яруса (рис. 3А). Коэффициент корреляции между Q и баллом нижней облачности в течение всего года превышает 0,8. По ежедневным данным за 35 лет были получены эмпирические уравнения зависимости суточных сумм Q ($\Sigma Q_{\text{сут}}$) от балла нижней облачности (n):

теплый период:

$$\Sigma Q_{\text{сут}} = -0,117n^2 - 0,739n + 25,4; R^2 = 0,649, \quad (4)$$

холодный период:

$$\Sigma Q_{\text{сут}} = -0,012n^2 - 0,296n + 5,4; R^2 = 0,47. \quad (5)$$

Вид этой зависимости для теплого периода представлен на рисунке 3А. Высокое значение коэффициента детерминации (R^2) в уравнении (4) свидетельствует, что уравнение хорошо аппроксимирует исходные данные и им можно воспользоваться для оценки средних значений $\Sigma Q_{\text{сут}}$ в теплый период. На приход суммарной радиации оказывает влияние альbedo поверхности, оно существенно при наличии снежного покрова. При ясном небе влияние альbedo невелико, при сплошной облачности за счет многократного переотражения от подстилающей поверхности и облаков влияние альbedo значительно, увеличение Q может составить до 80% от величины Q без снега (рис. 3Б).

Косвенной характеристикой облачности можно считать продолжительность солнечного сияния. Тесная связь между ПСС и солнечной радиацией, обусловленная общими факторами, определяющими их изменения, позволяет установить количественные зависимости между ними. При сопоставлении суточных (за период 1980–2017) и месячных (за период 1958–2017) сумм суммарной радиации с соответствующими величинами ПСС получены следующие соотношения:

$$\Sigma Q_{\text{сут}} = (1,46 \sin h + 0,02) \cdot \text{ПСС} + 10,96 \sin h - 0,8, \quad (6)$$

$$\Sigma Q_{\text{мес}} = (\sin h + 0,37) \cdot \text{ПСС} + 373,3 \sin h - 55,1. \quad (7)$$

Проверка формул (6) и (7) показала, что различие между наблюдаемыми и рассчитанными величинами Q для летних месяцев составляет 3–5%; а в зимние месяцы увеличивается до 15–17%. Эти формулы позволяют иметь информацию о солнечной энергии в районах, где не ведутся актинометрические наблюдения. Расхождения между рассчитанными и измеренными (справочными) данными зависят не от географического положения пункта наблюдений, а от условий облачности. В условиях малооблачной погоды они составляют менее 10% в течение всего года и увеличиваются при большей повторяемости пасмурной погоды.

Параметризация длинноволновых потоков. Составляющие эффективного излучения (собственное излучение и противоизлучение атмосферы) зависят от температуры почвы и воздуха, облачности, влажности воздуха, от аэрозольной оптической толщины атмосферы. Сами потоки имеют противо-

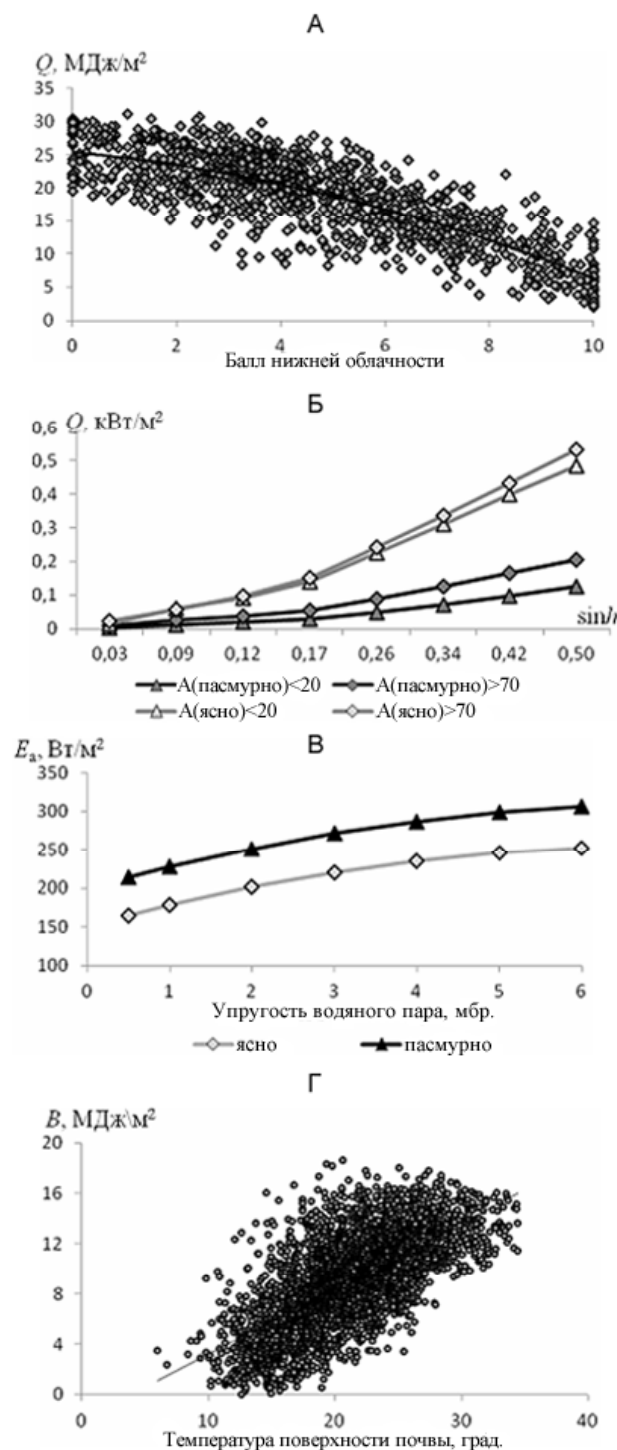


Рис. 3. Зависимости между радиационными параметрами и факторами, определяющими их изменчивость: А – суммарной радиации (Q) от балла нижней облачности (теплый период); Б – суммарной солнечной радиации (Q) от высоты Солнца и альbedo поверхности (A) при ясном и пасмурном состоянии неба; В – противоизлучения атмосферы (E_a) при ясном и пасмурном состоянии неба; Г – радиационного баланса (B) от температуры поверхности почвы (теплый период)

Fig. 3. Dependencies between the radiation parameters and the factors determining their variability: А – total radiation (Q) and the lower cloud amount (warm period); Б – total solar radiation (Q) and the height of the Sun; the surface albedo (A) and a clear and overcast sky; В – atmospheric downward radiation (E_a) and a clear and overcast sky; Г – radiation balance (B) of the temperature of the Earth's surface (warm period)

положные направления, поэтому значительные изменения метеорологических величин не вызывают соответствующих изменений в величине эффективного излучения. Собственное излучение земли определяется температурой поверхности почвы, рассчитывается по формуле (8) и имеет прямо пропорциональную зависимость от T_n :

$$E_n = \delta \sigma T_n^4, \quad (8)$$

где $\delta=0,95$ – относительная излучательная способность, $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана, T_n – температура поверхности почвы в К.

Влияние облачности на длинноволновые потоки начинает проявляться с пяти баллов. Сплошная облачность при одних и тех же температурных и влажностных условиях увеличивает поток E_a относительно безоблачных условий на 40–70 Вт/м² (рис. 3В). Влияние аэрозоля существенно на приход E_a при значениях τ_a, λ_0 более 0,6. В период дымной мглы значения E_a по сравнению с невозмущенным периодом увеличиваются на 30–50 Вт/м². Оценка влияния углекислого газа в атмосфере, сделанная по результатам модельных расчетов в работе [Горбаренко, 2013], показала, что изменение противоизлучения при реальном увеличении количества CO₂ не превышает 0,3 и 0,5 Вт/м², это меньше точности определения длинноволновых потоков. Между величиной противоизлучения атмосферы, количеством общей облачности (n), температурой (t), параметрами влажности атмосферы (парциальным давлением водяного пара (e) и относительной влажностью воздуха (f)) существует значимая зависимость, которую можно выразить эмпирическими соотноше-

ниями (табл. 4). На их основе получены и оценены формулы множественной регрессии, связывающие E_a с метеорологическими параметрами в:

теплый период

$$E_a = 228,4 + 3,11t + 3,2n + 0,004f \cdot t + 0,011t \cdot n \quad (9)$$

и холодный период

$$E_a = 280,7 + 4,94t + 1,8n + 0,004f \cdot t - 0,067t \cdot n. \quad (10)$$

Проверка на независимых данных показала, что разница между данными противоизлучения, рассчитываемыми в МО МГУ и полученными по формулам, сопоставима с точностью определения длинноволновых потоков. Значения эффективного излучения могут быть получены суммированием E_n и E_a , полученным по формулам (8, 9, 10).

Расчет радиационного баланса подстилающей поверхности. Как было показано выше, основные факторы оказывают на составляющие радиационного баланса разное, часто противоположное влияние. Неоднозначные связи между значениями радиационного баланса и факторами, определяющими их изменчивость, существенно усложняют задачу его параметризации. В соответствии с тем или иным вкладом составляющих радиационного баланса в его общую величину влияние на него различных факторов меняется в течение года. В летние месяцы между B и баллом общей облачности наблюдается значимая отрицательная связь; в зимние месяцы, вследствие увеличения противоизлучения атмосферы по величине и по роли в общем балансе, отмечается значимая положительная связь (табл. 5). Значимая связь B с альбедо подстилаю-

Таблица 4

Уравнения зависимости противоизлучения атмосферы (кВт/м²) от метеорологических величин

Условия наблюдений	Теплый период		Холодный период	
	Уравнение	R^2	Уравнение	R^2
Ясно	$E_a = 5,76t + 230$	0,831	$E_a = 2,98t + 246$	0,583
	$E_a = 82,63 \ln e + 103$	0,809	$E_a = 32,47 \ln e + 180$	0,474
Пасмурно	$E_a = 4,14t + 313$	0,471	$E_a = 4,43t + 306$	0,923
	$E_a = 69,80 \ln e + 185$	0,501	$E_a = 6,23 \ln e + 222$	0,886
Средние условия облачности	$E_a = 5,56t + 257$	0,362	$E_a = 5,1t + 304$	0,887
	$E_a = 100,8 \ln e + 74,4$	0,458	$E_a = 59,92 \ln e + 198$	0,800
	$E_a = 0,42n^2 - 0,43n + 324$	0,293	$E_a = 0,84n^2 - 0,41n + 199$	0,614
Дымная мгла	$E_a = 6,04t + 254$	0,848		
	$E_a = 85,12 \ln e + 134$	0,447		

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между средними месячными значениями радиационного баланса и факторами, определяющими их изменчивость

Коэффициент корреляции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$r(B, n)$	0,87	0,74	-0,01	-0,50	-0,76	-0,75	-0,58	-0,61	-0,74	-0,10	0,73	0,72
$r(B, A)$	-0,08	-0,41	-0,90	-0,21	0,01	0,09	-0,24	-0,12	0,04	-0,48	-0,38	-0,09
$r(B, w)$	0,63	0,58	0,58	-0,26	0,10	0,27	0,31	0,13	0,27	0,58	0,64	0,63
$r(B, T_n)$	0,55	0,54	0,68	0,04	0,65	0,80	0,76	0,45	0,56	0,57	0,60	0,60

щей поверхности прослеживается только в месяцы установления и схода снежного покрова. В работе [Горбаренко, 2017], при подборе эмпирических соотношений была сделана выборка радиационных данных с учетом различных состояний подстилающей поверхности и облачности (табл. 6). Проверка на независимых наблюдениях показала, что расхождение в суточных значениях между измеренными и рассчитанными значениями B лежит в пределах точности его измерений, проводимых на сети актинометрических станций, и в среднем составляет 15–20%. Радиационный баланс является основным фактором в формировании теплового режима поверхности почвы (T_n), между этими параметрами функциональная зависимость (рис. 3Г). Эмпирические уравнения между суточным значением B и температурой поверхности почвы получены за период 40 лет для:

теплого периода

$$B = 0,524 \cdot T_n - 2,022; R^2 = 0,451 \quad (11)$$

и холодного периода

$$B = -0,173 T_n + 0,666; R^2 = 0,232. \quad (12)$$

В летнее время температурный режим во многом определяется приходом солнечной радиации, в зимнее время большое влияние на его структуру оказывает циркуляция атмосферы. Для оценок изменчивости радиационного баланса в отсутствие актинометрических наблюдений в летний период можно воспользоваться зависимостью (11). В зимний период использование уравнения (12) даст только прикилочные значения B . В переходные сезоны термический режим в большей степени определяется адвективными процессами, что нарушает зависи-

мость между B и T_n и использовать формулы (11–12) не рекомендуется.

Выводы. Оценка радиационного баланса, его основных составляющих в зависимости от факторов, определяющих их изменчивость в реальной атмосфере, необходима для создания надежной параметризации радиационных процессов, знание которых требуется практически во всех численных моделях, используемых в прогнозах погоды и климата.

Предложенная эмпирическая модель изменчивости компонент радиационного баланса представляет совокупность регрессионных соотношений, полученных на большом статистическом материале наблюдений МО МГУ. Общие закономерности, связывающие характеристики радиационного режима друг с другом и с факторами, влияющими на их изменчивость, позволяют говорить, что полученные эмпирические соотношения представляют не просто статистику, а систему функциональных зависимостей, обоснованных физически. Такие зависимости могут быть использованы в различных климатических условиях [Сивков, 1968]. Точность полученных по уравнениям результатов, количественно связывающих между собой радиационные характеристики атмосферы, сравнима с точностью измерения радиационных потоков. Точность количественных зависимостей компонент радиационного баланса от метеорологических величин снижается, но такие уравнения позволяют получать характеристики радиационного режима по стандартным наблюдениям метеорологической сети при отсутствии актинометрических наблюдений. Выбор тех или иных уравнений зависит от поставленной задачи и имеющихся исходных данных.

Таблица 6

Уравнения зависимости между срочными и суточными значениями радиационного баланса и его составляющими [Горбаренко, 2017]

Облачность	Подстилающая поверхность	Число случаев	Уравнение регрессии	R^2
Срочные значения (кВт/м ²)				
10/10	Трава	3 784	$B = 0,553Q - 0,018$	0,930
0/0	Трава	2 594	$B = 0,698Q - 0,167$	0,978
Переменная	Трава	28 622	$B = 0,654Q - 0,110$	0,981
10/10	Снег чистый	3 404	$B = 0,475B_k - 0,007$	0,757
10/10	Снег загрязненный	2 246	$B = 0,495B_k - 0,010$	0,716
10/10	Снег	5 650	$B = 0,485B_k - 0,008$	0,742
0/0	Снег чистый	365	$B = 1,006B_k - 0,133$	0,846
0/0	Снег загрязненный	422	$B = 0,791B_k - 0,150$	0,914
0/0	Снег	787	$B = 0,821B_k - 0,127$	0,857
Переменная	Снег	24 209	$B = 0,687B_k - 0,005$	0,848
Суточные суммы (МДж/м ²)				
Переменная	Трава	1 714	$\Sigma B = 0,595\Sigma Q - 1,561$	0,960
Переменная	Снег	1 236	$\Sigma B = 0,325\Sigma B_k - 0,604$	0,325

Благодарности. Автор приносит глубокую благодарность всем сотрудникам МО МГУ, положившим начало мониторингу эколого-климатических параметров атмосферы в Москве и осуществляющим его на протяжении более 60 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и ее изменения на территории России. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 192 с.
- Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В., Незваль Е.И., Шиловцева О.А. Климатические ресурсы солнечной радиации Московского региона. М.: ЛИБРОКОМ, 2012. 312 с.
- Горбаренко Е.В. Возможность определения радиационного баланса земной поверхности по расчетным и спутниковым данным // Метеорология и гидрология. 2017. № 12. С. 5–15.
- Горбаренко Е.В. Климатические изменения радиационных параметров атмосферы по данным наблюдений в Метеорологической обсерватории МГУ // Метеорология и гидрология. 2016. № 12. С. 5–17.
- Горбаренко Е.В. Многолетние изменения длинноволновой радиации в Москве // Метеорология и гидрология. 2013. № 10. С. 29–39.
- Горбаренко Е.В., Абакумова Г.М. Вариации радиационного баланса подстилающей поверхности по многолетним наблюдениям МО МГУ // Метеорология и гидрология. 2011. № 6. С. 42–54.
- Горбаренко Е.В., Шиловцева О.А., Бунина Н.А. Климатические характеристики облачности в Москве // Труды ГГО. 2017. Вып. 585. С. 126–141.
- Горчакова И.А., Мохов И.И., Рублев А.Н. Влияние аэрозоля на радиационный режим безоблачной атмосферы по данным Звенигородских аэрозольно-облачно-радиационных экспериментов // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41. № 4. С. 496–510.
- Климат Москвы в условиях глобального потепления / Под ред. Кислова А.В. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017. ISBN 978-5-19-011227-6. 288 с.
- Луцько Л.В., Махоткин А.Н., Ерохина А.Е., Бычкова А.П. О методике контроля данных о составляющих радиационного баланса, получаемых на сети Росгидромета по программе регистрации // Труды ГГО. 2017. Вып. 586. С. 205–233.
- РД 52.04.562-96. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 5. Часть I. Актинометрические наблюдения на станциях. М.: Росгидромет, 1997. 222 с.
- Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеониздат, 1968. 232 с.
- Тарасова Т.А., Ярхо Е.В. Определение аэрозольной оптической толщины атмосферы по наземным измерениям интегральной солнечной радиации // Метеорология и гидрология. 1991. № 12. С. 66–71.
- Чубарова Н.Е., Горбаренко Е.В., Незваль Е.И., Шиловцева О.А. Аэрозольные и радиационные характеристики атмосферы во время лесных и торфяных пожаров в 1972, 2002 и 2010 гг. в Подмоскovie // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47. № 6. С. 790–800.
- Abakumova G.M., Gorbarenko E.V., Nezval E.I., Shilovtseva O.A. Fifty years of actinometrical measurements in Moscow. *Int. J. of Remote sensing*, 2008, vol. 29, no. 9, p. 2629–2665. DOI: 10.1080/01431160701767500.

Поступила в редакцию 12.12.2018

После доработки 15.08.2019

Принята к публикации 01.11.2019

E.V. Gorbarenko¹

EMPIRICAL MODEL OF VARIABILITY OF THE RADIATION BALANCE COMPONENTS AT THE EARTH'S SURFACE

The Meteorological Observatory of the Moscow State University has accumulated unique material of actinometrical and meteorological observations, which has no analogues in the global science. An assessment of the main components of radiation balance was carried out on its basis to find their relation to factors determining their variability in the real atmosphere. An applied empirical model of the variability of radiation balance components of the Earth's surface has been elaborated. The verification of the model was carried out by direct comparison of its results with the data of independent measurements. The proposed empirical equations allow calculating the atmospheric radiation characteristics by using network meteorological and actinometrical data.

Key words: radiation climate, long-term observations, cloudiness, solar radiation, long-wave radiation, albedo, radiation balance, empirical model

Acknowledgements. The author expresses deep gratitude to all experts of the MSU Meteorological Observatory who were the first to monitor the environmental-climatic parameters of the atmosphere in Moscow and continued these activities for more than 60 years.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Leading Scientific Researcher, PhD in Geography; e-mail: catgor@mail.ru

REFERENCES

- Abakumova G.M., Gorbarenko E.V. Prozhrachnost' atmosfery v Moskve za poslednie 50 let i eyo izmeneniya na territorii Rossii. [Atmospheric transparency in Moscow over the past 50 years and its changes on the territory of Russia]. Moscow, LKI Publ., 2008, 192 p. (In Russian)
- Abakumova G.M., Gorbarenko E.V., Nezval' E.I., Shilovceva O.A. Klimaticheskie resursy solnechnoj radiacii Moskovskogo regiona [Climatic resources of solar radiation in the Moscow region]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2012, 312 p. (In Russian)
- Abakumova G.M., Gorbarenko E.V., Nezval E.I., Shilovseva O.A. Fifty years of actinometrical measurements in Moscow. *Int. J. of Remote sensing*, 2008, vol. 29, no. 9, p. 2629–2665. DOI: 10.1080/01431160701767500.
- Chubarova N.E., Gorbarenko E.V., Nezval' E.I., Shilovseva O.A. Aerosol and Radiation Characteristics of the Atmosphere during Forest and Peat Fires in 1972, 2002, and 2010 in the Region of Moscow. *Izv. Atmos. Ocean. Phys.*, 2011, vol. 47, no. 6, p. 729–738. DOI:10.1134/S0001433811060028.
- Gorbarenko E.V. Climate changes in atmospheric radiation parameters from the MSU meteorological observatory data. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2016, vol. 41, no. 11/12, p. 789–797.
- Gorbarenko E.V., Shilovceva O.A., Bunina N.A. Klimaticheskie harakteristiki oblachnosti v Moskve. [Climatic parameters of the cloud cover in Moscow]. *Trudy GGO*, 2017. Iss. 585, p. 126–141. (In Russian)
- Gorbarenko E.V. A Possibility of Determination of Earth Surface Radiation Budget from Calculated and Satellite Data. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2017, vol. 42, no. 12, p. 745–752. DOI: 10.3103/S1068373917120019.
- Gorbarenko E.V. Long-term variations of long-wave radiation in Moscow. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2013, vol. 38, no. 10, p. 669–676.
- Gorbarenko E.V., Abakumova G.M. Radiation balance variations of underlying surface from the long-term observations of the meteorological observatory of the Moscow state university. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2011, vol. 36, no. 6, p. 383–391. DOI: 10.3103/S1068373911060045.
- Gorchakova I.A., Mohov I.I., Rublev A.N. Vliyanie aerolya na radiacionnyj rezhim bezoblachnoj atmosfery po dannym Zvenigorodskih aerol'no-oblachno-radiacionnyh ehksperimentov [The Effects of Aerosol on the Radiation Mode of the Cloudless Atmosphere According to Zvenigorod Aerosol-Cloudy Radiation Experiments]. *Izvestia RAN. Fizika atmosfery i okeana*, 2005, vol. 41, no. 4, p. 496–510. (In Russian)
- Klimat Moskvy v uslovijah global'nogo potepleniya [Climate of Moscow under the global warming] Ed. Kislov A.V. Moscow, State Univ. Publ., 2017. ISBN 978-5-19-011227-6. 288 p. (In Russian)
- Luc'ko L.V., Mahotkin A.N., Erohina A.E., Bychkova A.P. O metodike kontrolya dannyh o sostavlyayushchih radiacionnogo balansa, poluchaemyh na seti Rosgidrometa po programme registracii [About the method of monitoring data on the radiation balance components received at the Roshydromet network under the registration program]. *Trudy GGO*, 2017, vol. 586, p. 205–233. (In Russian)
- RD 52.04.562-96. Nastavlenie gidrometeorologicheskim stanciyam i postam [Manual on hydrometeorological stations and posts]. Iss. 5. Part I. Aktinometricheskie nablyudeniya na stanciyah [Actinometric observations at stations]. Moscow, Rosgidromet Publ., 1997, 222 p. (In Russian)
- Sivkov S.I. Metody rascheta harakteristik solnechnoj radiacii. [Methods for calculating solar radiation characteristics], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1968, 232 p. (In Russian)
- Tarasova T.A., Yarho E.V. Opredelenie aehrozol'noj opticheskoy tolshchiny atmosfery po nazemnym izmereniyam integral'noj solnechnoj radiacii. [Determination of the aerosol optical thickness of the atmosphere by the ground-based measurements of integrated solar radiation]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1991, no. 12, p. 66–71. (In Russian)

Received 12.12.2018

Revised 15.08.2019

Accepted 01.11.2019

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 574.55

К.К. Эдельштейн¹, М.Г. Гречушникова², А.В. Гончаров³**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОГОДЫ НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ
МОЖАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Представлены результаты статистического анализа данных автоматической регистрации внутрисуточных колебаний интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР), температуры воды, содержания в ней кислорода, интенсивности продукционно-деструкционных процессов в поверхностном слое центрального плеса Можайского водохранилища в летний 70-дневный период 2016 и 2017 гг.

Впервые сконструированной автоматической установкой регистрировалось содержание кислорода в прозрачном и зачерненном сосудах при закачке в них воды на горизонте 0,5 м для последующих расчетов первичной продукции органического вещества и его деструкции классическим кислородным методом.

Выделены погодные циклы, состоящие из фаз нагревания и охлаждения воды при смене погоды. Эти наблюдения дополнены автоматической регистрацией колебаний температуры на 7 горизонтах 14-метровой водной толщи. Изменчивость погоды оценивается индексом погодной контрастности (ИПК). Показано, что, чем он больше, тем интенсивнее продукционно-деструкционные процессы в поверхностном слое водохранилища.

Ключевые слова: водохранилище, погодные циклы, автоматизация наблюдений, продукционно-деструкционные процессы, внутренний водообмен

Введение. Основные закономерности сезонных изменений в развитии фитопланктонных сообществ, как и факторы их продуктивности, в водохранилищах умеренных широт достаточно хорошо изучены и обобщены в монографиях [Vollenweider, 1975; Wetzel, 2001; Даченко, 2007; Минеева, 2007; Корнева, 2015]. Главными факторами цветения воды при этом признаны нагрузка водной экосистемы минеральными биогенными веществами, особенно ортофосфатами, и благоприятная температура воды. В то же время особенности изменчивости продуцирования органического вещества (ОВ) и растворенного кислорода (РК) экосистемой водохранилищ со сменой погоды летом известны существенно меньше. Наибольшая часть годовой первичной продукции фитопланктона формируется при летнем цветении воды преимущественно сине-зелеными водорослями, представляющем наибольшую опасность для водоснабжения и бытового водопользования [Шушкевич с соавт., 2010; Гидроэко логический ..., 2015].

Цель этой работы – оценить изменчивость колебаний интенсивности биопродуктивности основной водной массы водохранилища (ОВМ) при сменах погоды для уточнения модельных расчетов гидроэкологического режима водоемов-источников централизованного водоснабжения.

Материалы и методы исследований. Для изучения внутрисуточной изменчивости продуцирования ОВ и РК при постоянно меняющейся погоде лимнологами кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ в вегетационные сезоны 2016 и 2017 гг. выполнены автоматизированные гидрометеобиохимические круглосуточные наблюдения на Можайском водохранилище [Гончаров с соавт., 2018]. Приборный комплекс автоматически регистрируемых данных включал:

- логгер для автоматической регистрации интенсивности ФАР (фотосинтетически активной радиации), поступающей в водоем, в диапазоне длин волн 400–700 нм;

- автоматическую метеостанцию на катамаране в центре акватории;

- автоматический продукцимер – устройство для автоматизированного определения первичной продукции и деструкции органического вещества в водоеме кислородным методом, состоящее из светлого и темного сосудов с оптическими регистраторами растворенного кислорода (модель НОВО U26-001) и насоса, меняющего в них воду через заданный (3 ч) промежуток времени (А.В. Гончаров, патент № 179250, 2017).

Установка была погружена с бушприта в воду на горизонт 0,5 м и регистрировала температуру (T), концентрацию РК, по значениям которой рассчиты-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: emek05@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, вед. науч. с., канд. геогр. н.; ИВП РАН, лаборатория глобальной гидрологии, ст. науч. с.; e-mail: allavis@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, вед. науч. с., канд. биол. н.; e-mail: mama15333@mail.ru

ваются методом Винберга [Винберг, 1960] значения первичной валовой продукции (ППВ) фитопланктона, и деструкции ОВ (Д) каждые 3 часа.

При этом периодически производился отбор проб для определения содержания ортофосфата и состава планктона.

Первый опыт длительной эксплуатации перечисленных гидрометеорологических самописцев показал, что эпизодически возникавшие перебои регистрации были связаны с необходимостью регулярной очистки солнечной батареи метеостанции на судне, загрязняемой осадками и птицами, и мерных сосудов продукцимера от перифитона.

В результате был получен 70-суточный ряд ежечасных наблюдений T в поверхностном слое воды на рейдовой станции в центре Красновидовского плеса Можайского водохранилища. Значения T превышали 16°C в течение всего периода наблюдений и были благоприятны для активного развития летнего фитопланктона. Весь расчетный период (РП) в 2016 г. был разделен нами на фазы нагревания и охлаждения ОВМ, каждая пара из которых образует погодный цикл гидроэкологического режима водоема [Эдельштейн с соавт., 2018] (табл. 1).

Как показал анализ 40-летнего температурного режима Можайского водохранилища, число таких циклов варьирует от 3 (1967, 2000 гг.) до 9 (1986, 1996 гг.) и в среднем составляет 6 циклов за вегетационный сезон. Вся совокупность метеорологических характеристик погоды (температура и влажность воздуха, инсоляция, облачность, скорость и направление ветра) наиболее репрезентативно проявляется в изменчивости температуры поверхностного слоя воды. Фазами погодных циклов нами принято время из дня в день повышающейся или понижающейся температуры не менее чем на 3°C в течение 3 суток и более [Гречушников, 2002]. Это позволяет учесть пространственную неоднородность поля температуры, которая по многолетним наблюдениям в пределах плеса не превышает 3°C и пренебречь внутрисуточной ее изменчивостью при неизменной погоде.

Аналогично по данным измеренной температуры воды в поверхностном горизонте в 70-суточном РП 2017 года были выделены погодные циклы. Их оказалось только 2. Даты начала и конца 4 фаз этих циклов приведены в табл. 2.

Освещенность солнцем верхнего слоя воды летом в безоблачный день быстро увеличивается с

Таблица 1

Погодная цикличность режима водохранилища, ФАР и валовая первичная продукция (ППВ) фитопланктона летом 2016 г.

Циклы	Фазы	Даты фаз	Диапазон T_0	n	ΔT	ФАР, $\mu\text{моль}/(\text{м}^2\text{с})$		ППВ, $\text{мгO}_2/\text{л}$ сутки	
						n_d	Средняя	n_d	Средняя
I погодный цикл	Ф1	26.06–3.07	23,3–27,8	8	+4,5	8	766	7	3,3
	Ф2	4.07–9.07	27,8–19,8	6	–8,0	6	567	3	3,6
II погодный цикл	Ф3	10.07–14.07	19,8–24,3	5	+4,5	–	–	–	–
	Ф4	15.07–23.07	24,3–21,1	9	–3,2	–	–	–	–
III погодный цикл	Ф5	24.07–26.07	21,1–26,2	3	+5,1	3	726	3	2,3
	Ф6	27.07–16.08	26,2–19,9	21	–6,3	21	581	18	5,8
IV погодный цикл	Ф7	17.08–22.08	19,9–23,7	6	+3,8	4	418	5	10,1
	Ф8	23.08–3.09	23,7–19,1	12	–4,6	–	–	11	8,4

Примечание: T – температура воды на горизонте 0,5 м, ΔT – диапазон изменения температуры воды, n – число суток для расчета среднесуточной температуры воды, n_d – число дней для расчета ФАР и ППВ.

Таблица 2

Погодная цикличность режима водохранилища, ФАР и валовая первичная продукция (ППВ) фитопланктона летом 2017 г.

Циклы	Фазы	Даты фаз	Диапазон T_0	n	ΔT	ФАР, $\mu\text{моль}/(\text{м}^2\text{с})$		ППВ, $\text{мгO}_2/\text{л}$ сутки	
						n_d	Средняя	n_d	Средняя
I погодный цикл	Ф1	26.06–3.07	17,3–20,0	8	+2,7	8	574	5	3,54
	Ф2	4.07–10.07	20,0–16,9	7	–3,1	3	496	5	3,00
II погодный цикл	Ф3	11.07–12.08	17,0–25,6	33	+8,6	31	620	13	5,25
	Ф4	13.08–03.09	25,6–18,3	22	–7,3	8	692	22	3,60

Примечание: T – температура воды на горизонте 0,5 м, ΔT – диапазон изменения температуры воды, n – число суток для расчета среднесуточной температуры воды, n_d – число дней для расчета ФАР и ППВ.

Число дней регистрации ФАР и ППВ было меньше числа дней в расчетном периоде по техническим причинам. Данные летом 2016 г. по ФАР отсутствуют в 3, 4 и 8 фазах и их меньше в 7 фазе, а по ППВ – отсутствуют в 3 и 4 фазах и их меньше в 1 и 2 фазе, а летом 2017 г. данных по ФАР меньше во 2, 3 и 4 фазах, а по ППВ – в 1, 2 и 3. При расчете ФАР и ППВ суммировались и осреднялись данные 5 трехчасовых экспозиций светлого времени суток (с 6 до 21 час).

шести часов утра к полудню, наступающему на долготу Можайска в 13:00 по московскому времени. Поэтому в таблицах 1 и 2 приводятся значения ФАР ($\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), осредненной за 15 часов светлого дневного времени (6–21) и значения среднедневной валовой первичной продукции (ППв, $\text{мгO}_2/(\text{л сут})$), рассчитанной за тот же период дневного времени (n_d).

Конструкция продукцимера и методика расчета ППв как суммы первичной продукции чистой, оцениваемой по изменению за три часа содержания кислорода в светлом сосуде, и величины деструкции по изменению содержания кислорода в непрозрачном сосуде детально описана в работе [Гончаров с соавт., 2018]. Расчет среднедневных величин ППв за отдельные фазы погодных циклов 2016 г. выполнен дважды: сначала как суммы часовых значений, полученных из суммирования 15-минутных разностей зарегистрированных значений РК синхронно в обоих сосудах, и затем как суммы разностей регистрации РК в начале и конце каждой из 180 трехчасовых экспозиций. Различие среднедневных значений ППв за все фазы получилось равным 2%. Такого контроля расчета для 2017 г. не потребовалось из-за отсутствия подобных недостатков регистрации во второй год полевого эксперимента.

Результаты исследований и их обсуждение.

Решению поставленной задачи способствовал относительно устойчивый в летние сезоны 2016 и 2017 гг. водный режим Можайского водохранилища. В мае водоем заполнялся водой половодья до отметки уровня 182,5 в 2016 г. (рис. 1) и 182,8 м в 2017 г. (НПУ = 183,0 м абс.). Расходы сбрасываемой воды Можайским гидроузлом были примерно равными паводковым, и водоем оставался практически неизменно наполненным в оба года до конца августа. Небольшие паводки (до $15 \text{ м}^3/\text{с}$) во второй половине летнего периода почти не нарушали плавности медленного снижения уровня воды в водохранилище в среднем

на 1 см в 2–3 дня. Они не повлияли на ежесуточную изменчивость показателей экологического состояния ОВМ из-за малости и неизменности скорости стокового транзитного течения.

Величина ППв, характеризующая интенсивность процесса фотосинтеза летнего фитопланктона, в РП 2016 г. в большинстве погодных фаз больше, чем в РП 2017 г. (см. табл. 1 и 2). Наибольшие значения фотосинтетически активной радиации летом 2016 г. зарегистрированы в последний день первой фазы потепления 3.07.2016 г. в 12 ч ($1774 \mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ или $390 \text{ Вт}/\text{м}^2$). Средняя величина ФАР за светлое время этой фазы составляла $766 \mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. В этой фазе преобладала ясная солнечная погода с кучевой облачностью, увеличивающейся обычно во второй половине дня, слабым ветром переменных направлений или штилевой антициклонической погодой. Она сменилась на пасмурную, холодную и ветреную циклоническую погоду, в которую средняя за фазу 2 интенсивность ФАР снизилась на 35 % (см. табл. 1, рис. 2А). На этом рисунке показаны внутрисуточные колебания гидроэкологических характеристик: ФАР, температуры поверхностного слоя воды, валовой первичной продукции в среднем за трехчасовые интервалы экспозиции и содержания кислорода в воде, летом 2016 и 2017 гг. Число дней регистрации ФАР и ППв было меньше числа дней в РП по техническим причинам, что объясняет пропуски их на рисунках. При расчете среднедневных значений ФАР и ППв суммировались данные 5 трехчасовых экспозиций светлого времени суток (с 6 до 21 час) и осреднялись.

К концу РП вследствие уменьшающейся высоты солнца и увеличивающейся облачности на рис. 2А видно уменьшение максимальных суточных значений ФАР во вторую декаду августа, а в последнем 4 цикле в его теплую фазу средняя величина ФАР была значительно ниже, чем в холодные фазы 1 и 3 циклов (см. табл. 1).

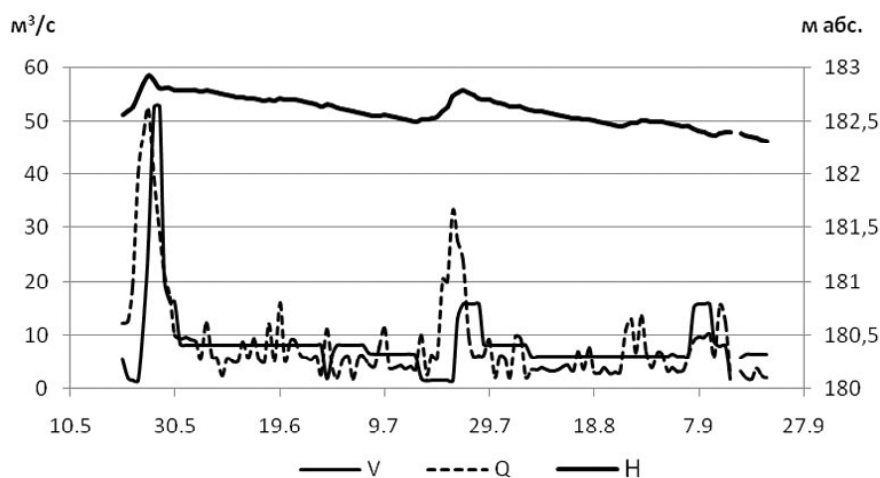


Рис. 1. Среднесуточный расход суммарного речного притока воды в водохранилище (Q) и ее сброса (V , $\text{м}^3/\text{с}$) Можайским гидроузлом в Москва-реку и снижение уровня воды (H , м абс.) в водохранилище с 15 мая по 24 сентября 2016 г.

Fig. 1 Average total daily river water inflow to the reservoir (Q) and its discharge by the Mozhaik hydrosystem to the Moscow River (V , $\text{м}^3/\text{с}$), and the water level decrease (H , m abs.) in the reservoir from May 15 till September 24, 2016

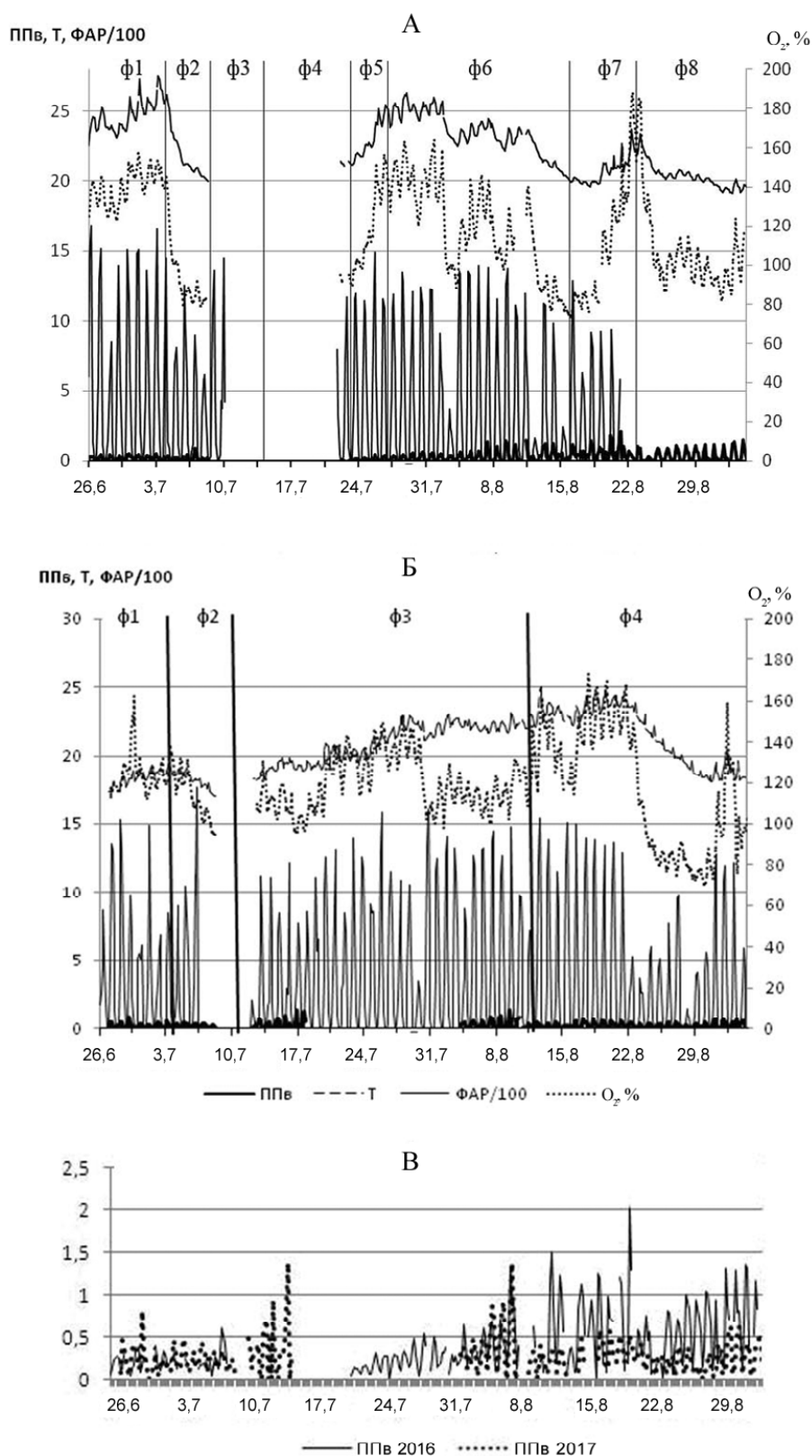


Рис. 2. Изменчивость внутрисуточных колебаний валовой продукции ППв, $\text{mg O}_2/(\text{л час})$, температуры воды, $T^\circ\text{C}$, $\text{PPFD} \cdot 10^2$, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{с})$ и содержания O_2 , %: А – 2016 г., Б – 2017 г.; В – сравнение величин ППв в эти годы

Fig.2 Variability of intraday fluctuations of the gross production GP, $\text{mg O}_2/(\text{l hour})$, water temperature $T^\circ\text{C}$, $\text{PPFD} \cdot 10^2$, $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ and O_2 concentration in water, %: А – in 2016, Б – in 2017; В – comparison of GP values in 2016 and 2017

Как и в РП 2016 г., в 2017 г. максимальное значение ФАР наблюдалось в конце 1 фазы, 1.07, и составляло в полдень 1715 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Соотношение средних значений ФАР в теплую и холодную фазы цикла I было подобно первому циклу 2016 г. (см. табл. 2, 2017 г.). Во втором очень продолжительном цикле эти соотношения оказались иными. В фазу охлаждения (4) среднее значение ФАР получилось на 9% больше, чем в предшествующую 3 фазу, что, по-видимому, связано с меньшей облачностью и более ясной погодой после 12 августа 2017 г.

Из данных табл. 3 следует, что, несмотря на меняющуюся год от года облачность летних погодных фаз, суммарный приход фотосинтетически ак-

тивной радиации на водную поверхность водохранилища в РП рассматриваемых двух лет различается всего на 6%. Вряд ли столь малое различие интенсивности ФАР служит причиной большей на 1,8° средней за РП температуры воды поверхностного слоя в 2016 году, чем в 2017, так как эта температура одновременно сильно зависит от внутриводоемного вертикального и горизонтального водообмена плеса. При этом коэффициент вариации восьмисрочных значений температуры верхнего слоя воды за РП обоих лет был практически одинаков ($C_v=9\%$ в 2016 г. и 10% в 2017 г.).

Максимальная часовая величина ППв в 2016 г. – 2,1 мг $\text{O}_2/\text{л час}$, зарегистрирована 21 августа в 12–

Таблица 3

Средние за РП 2016 и 2017 гг. величины интенсивности ФАР ($\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), интенсивности валовой первичной продукции (ППв, мг $\text{O}_2/(\text{л сут})$), температуры поверхности воды (T °С) и индексы погодной контрастности (ИПК)

Гидроэкологические характеристики и индекс погодной контрастности	Годы		Соотношение средних за летний период величин 2016/2017
	2016 г.	2017 г.	
ФАР _{РП}	605	568	1,06
ППв _{РП}	6,11	4,00	1,53
$T_{РП}$	22,4	20,6	1,09
ИПК _{РП}	3,03	1,39	2,18

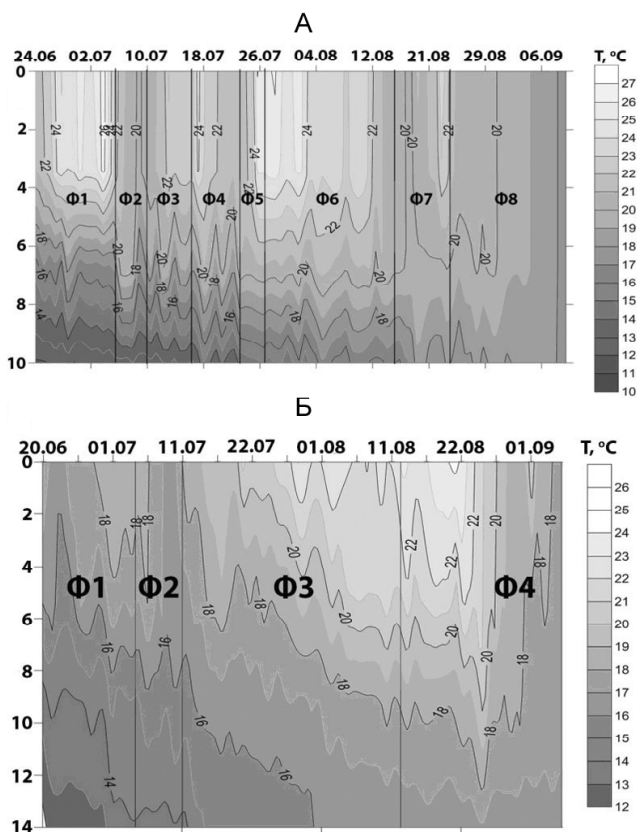


Рис. 3. Изменение термической структуры водной толщи в течение РП в центре Красновидовского плеса по часовым данным в 2016 (А) и в 2017 гг. (Б)

Fig. 3. Changes in the thermal structure of water column during the calculation period in the center of the Krasnovidovo stretch basing on hourly data in 2016 (A) and in 2017 (B)

14 час в 7 теплой фазе, в этой же фазе оказалась максимальной и рассчитанная за фазу среднесуточная величина ППв (см. табл. 1). Средняя за эту фазу величина ФАР была наименьшей по сравнению с предшествующими погодными циклами. В РП 2017 г. максимальная величина ППв – 1,4 мг $\text{O}_2/\text{л час}$, зарегистрирована 17 июля в 12–14 час и этой же теплой 3 фазе соответствовала максимальная за весь РП среднесуточная величина ППв (см. табл. 2). Таким образом, максимальные часовые значения ППв в 2017 г. оказались в 1,5 раза ниже, а среднесуточные вдвое ниже, чем в 2016 г. Сравнение средней интенсивности биопродуктивности за РП двух лет показало, что в 2016 г. она была в 1,5 раза выше, чем в 2017 г. (см. табл. 3). Обращает внимание, что в оба года максимальные величины ППв получены в такие теплые фазы, которым предшествовало наибольшее охлаждение водной толщи плеса (рис. 3).

Этот вывод наталкивает на мысль о том, что биопродуктивность Можайского водохранилища тем больше, чем чаще меняется погода и чем более контрастны ее смены. В табл. 1 и 2 видно, что резкая смена погоды в 2016 г. была вдвое чаще, чем в 2017 г. Чем сильнее изменчивость температуры воды в каждую фазу и чем больше таких погодных фаз в течение расчетного периода, тем больше выражена контрастность при чередовании погодных циклов гидроэкологического режима, что можно оценить величиной индекса погодной контрастности (ИПК). Величина ИПК принята равной:

$$\Sigma |\Delta T_i| / (T_{\text{макс рп}} - T_{\text{нач рп}}) + (T_{\text{макс рп}} - T_{\text{кон рп}}),$$

где ΔT_i – диапазон изменения температуры поверхностного слоя воды в каждую i -ю погодную фазу, $T_{\text{макс рп}}$ – максимальная температура расчетного периода, $T_{\text{нач рп}}$ и $T_{\text{кон рп}}$ – ее значение в начале и конце периода. ИПК летом 2016 г. более чем вдвое превышает ИПК летом 2017 г. (см. табл. 3). Такое соотношение достаточно убедительно иллюстрирует влияние изменчивости погоды на интенсивность биопродуктивности водохранилища.

Во всех 6 фазах нагревания расчетных периодов содержание растворенного кислорода возрастает до 100–120 и более процентов в дневные и ночные часы (см. рис. 2). В 2016 г. максимум в 185% достигается в начале восьмой фазы (охлаждение), через сутки после регистрации максимальной ППв в седьмой фазе (нагревание). В 2017 г. с менее четко выраженными фазами максимальный процент РК – 173% зарегистрирован в четвертой фазе (на 4 день остывания воды) 17 августа в 18 ч., хотя в этот день ППв была небольшой, варьируя от 0,04 до 0,6 мг O_2 /л·ч при высоком значении ФАР в полуденные часы (1400 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2\cdot\text{с})$). Эта дата еще менее совпадает с днем максимальной биопродуктивности в РП этого года. В фазах охлаждения воды по мере понижения температуры начиналось уменьшение содержания кислорода до дефицита РК около 20%, но такие дни чередовались с днями повышения содержания кислорода иногда до 140–150% при небольших изменениях температуры поверхностного слоя. Отмеченное различие в изменении режима РК в теплую и холодную фазы гидроэкологического режима подтверждается расчетом коэффициента вариации РК. Наиболее контрастно выражено различие в концентрации РК в поверхностном слое воды в первую и вторую погодные фазы 2016 г.: в первую из них C_v ряда восьмисрочных ежесуточных регистраций РК равнялось 6% ($n = 64$), тогда как во вторую холодную фазу оно было более чем втрое больше ($C_v = 21\%$ при $n = 48$) [Эдельштейн с соавт., 2018].

В 2016 г. дефицит кислорода в придонном горизонте на рейдовой вертикали наблюдался уже с 14 июня, в то время как из-за существенно более холодной и ветреной погоды в июне 2017 г. бескислородные условия в придонном слое образовались только к середине июля. Это повлияло на процессы обмена с донными отложениями, в частности проявилось в меньшем поступлении минерального фосфора из донных отложений в придонный слой гипolimниона, в котором концентрация ортофосфатов в августе 2017 г. оказалась значительно меньше, чем в августе 2016 г. (табл. 4).

Это объясняет существенные различия в интенсивности продуцирования фитопланктона и максимальных значений ППв за РП. Наибольших величин в августе 2016 г. ППв достигла в 7-ю погодную фазу (см. рис. 2А, табл. 1) после похолодания 11–16.08 в погодную фазу 6, поскольку при похолодании и усилении скорости ветра с порывами до 10–11 м/с конвективно-ветровое перемешивание достигло глубины 10 м (см. рис. 3 А) при том, что

Таблица 4

Концентрация минерального фосфора (мкг/л) в августе 2016 и 2017 гг. в центре Красновидовского плеса

Слой отбора проб	2016 г.	2017 г.	
	19.08 (ф7)	11.08 (ф3)	20.08 (ф4)
Поверхностный слой	16	4	5
Придонный слой	585	240	390

бескислородные условия распространялись от дна до горизонта 8,5 м. Такая ситуация способствовала поступлению ортофосфатов в вышележащие слои. В 2017 г. холодная фаза, предшествующая теплой с максимальной ППв, была значительно короче аналогичной фазы 2016 г., что обусловило меньший обмен с придонным слоем воды и меньшую интенсивность биопродуцирования (в последнюю фазу потепления 2017 г., как указано выше, продукция была вдвое ниже, чем в аналогичную фазу 2016 г.).

ФАР и валовая первичная продукция по техническим причинам не были измерены в 3 и 4 погодные фазы 2016 г., первого года эксплуатации продукцимера. Но, судя по регистрации температуры поверхности воды в эти фазы (см. табл. 1), значительных изменений погоды, снижающих интенсивность цветения в июле 2016 г., которое могло бы существенно уменьшить среднюю величину ППв за весь РП 2016 г., не было. Поэтому считаем возможным опубликовать приведенную гипотезу, учитывая, что фазы с максимальными значениями ППв вошли в расчет средней биопродуктивности РП 2016 и 2017 гг.

Выделение погодных фаз гидроэкологического режима водохранилища целесообразно потому, что в фазы нагревания и фазы охлаждения вид внутреннего водообмена плеса существенно различен. В первых из них при штиле или слабом ветре, солнечной летней погоде лимнодинамика подобна меромиктическим озерам: эпилимнион как и миксолимнион почти еженощно перемешивается свободной ячеистой конвекцией при охлаждении воды вечером и ночью вплоть до восхода солнца. В это время в эпилимнионе образуются цилиндрические ячейки Бенара. По их периферии в охлаждающемся поверхностном слое вода опускается до термоклина, а в центре ячеек возникает восходящий ток воды к водной поверхности. Это и есть так называемый малый биогидрохимический круговорот растворенных и взвешенных в воде веществ [Эдельштейн, 2017]. С восходящими токами из нижних слоев эпилимниона выносятся к поверхности растворенный CO_2 и минеральные биогенные вещества, образующиеся за счет регенерации погрузившихся органических веществ в процессе их деструкции. А с поглощением ФАР в первую половину светлого времени суток биогенные вещества питают процесс фотосинтеза фитопланктона, при котором в воду выделяется кислород. В результате этого процесса

увеличивается рН воды до 8,2 и более единиц. При этом полностью исчерпывается CO_2 в трофогенном слое и в фотосинтезе начинают использоваться гидрокарбонатные ионы. Возникающие излишки кальция кристаллизуются в микрокристаллы кальцита, которые служат сорбентом для растворенного фосфора и интенсифицируют его осаждение в вечерние и ночные часы [Ершова с соавт., 2001; Эдельштейн с соавт., 2005]. Вынос в трофогенный слой фосфора поддерживает интенсивный фотосинтез летнего фитопланктона. Поэтому нередко в первые дни фазы охлаждения возможны все еще высокие значения ППв за счет малого биогидрохимического круговорота. Например, утром первого дня 8 фазы охлаждения 2016 г. зафиксирована величина ППв 0,9 мг O_2 /л час, хотя в последний день теплой фазы максимальная ППв была равна 0,7 мг O_2 /(л час). На рис. 3 периоды нагрева видны по появлению изотерм все более высоких значений температуры поверхностного слоя воды во всех 6 фазах обоих РП 2016 и 2017 гг.

В фазу охлаждения воды, в пасмурную, ветреную и холодную погоду господствует другой вид конвективно-ветрового перемешивания – вихри Ленгмюра. На поверхности возникают направленные по ветру пенные полосы конвергенции, в которых остывшая на поверхности вода опускается, а между ними – полоса дивергенции, в которой на поверхность поднимаются более теплые глубинные воды. Эти энергичные вихри перемешивают водную толщу на существенно большую глубину, чем ячейчатая конвекция. Это видно (см. рис. 3) по подъему к поверхности одних изотерм и погружению других до глубины от 7–8 м во 2-ю фазу до 8–10 м в 8-ю фазу 2016 г., то есть до поверхности дна на затопленной водохранилищем бывшей пойме Красновидовского плеса. В РП 2017 г. это явление также хорошо прослеживается на том же рисунке.

В фазу охлаждения намного интенсивнее перемешивание всей водной толщи и поэтому происходит значительно более сильный вынос глубинных вод в трофогенный слой подобно ранневесеннему и осеннему перемешиванию вод в димиктических озерах с вентилицией (насыщением) придонных слоев воды кислородом и насыщением поверхностных слоев CO_2 и регенерированными биогенными минераль-

ными веществами. Это вызывает вспышки цветения сине-зеленых и других летних водорослей в начале, а иногда и в течение многих дней последующей фазы нагревания системы. Примером может служить максимально интенсивное развитие биопродуктивности в 7 фазе 2016 г. после 6 фазы охлаждения, в которой особенно интенсивное перемешивание глубинных и поверхностных вод внесло к поверхности большое количество CO_2 , биогенных минеральных веществ, в том числе и ортофосфатов, и при этом в наибольшей степени за весь РП снизило концентрацию кислорода до 73% насыщения.

Таким образом, в Можайском водохранилище, относимом к димиктическим водоемам по классификации Хатчинсона [Хатчинсон, 1969], Красновидовский плес в 2016–2017 гг. можно было бы считать подобным полимиктическим водоемам, подобно мелководным обширным эвтрофным озерам умеренных широт. В нем большой химический круговорот биогидрохимических веществ совершается тем многократно, чем больше значение индекса погодной контрастности (ИПК). Однако необходимо учитывать, что на описанные виды внутреннего водообмена в долинном водохранилище кроме изменчивости погоды оказывают влияние медленные транзитные течения: стоковое и придонное плотностное. Оно заполняет извилистую и узкую русловую ложбину смесью вод гипolimниона ОВМ с холодными, бескислородными и более минерализованными и плотными подземными водами, препятствующими перемешиванию до дна в русловой ложбине.

Выводы:

Биопродуктивность в стратифицированном водохранилище тем больше, чем больше погодных циклов и чем контрастнее они выражены. Эта гипотеза возникла на основании анализа изменчивости погодных условий с помощью разработанного индекса погодной контрастности (ИПК), влияющих на изменение гидроэкологических процессов в водохранилище и его летнего цветения. Показано, что биопродуктивность летом 2016 г. в Можайском водохранилище была в полтора раза выше, чем в такой же период 2017 г., контрастность погоды в который оказалась вдвое меньше.

Благодарности. М.Г. Ершовой за участие в подготовке статьи к публикации. Разработка продукционной установки и сбор полевых материалов проведены по теме 1.10 «Гидрологический режим водных объектов суши в условиях изменения климата и антропогенного воздействия» (ГЗ, номер ЦИТИС: АААА–А16–116032810054–3), анализ полученных данных и подготовка статьи – при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18–05–01066 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР, 1960. 329 с.
- Гидрологический режим водохранилищ Подмосковья. М.: Перо, 2015. 286 с.
- Гончаров А.В., Гречушникова М.Г., Пуклаков В.В. Новые возможности классического метода: автоматизированное определение первичной продукции и деструкции органического вещества в водоеме // Биология внутренних вод. 2018. № 4. С. 107–110.
- Гречушникова М.Г. Изменчивость термического состояния Можайского водохранилища в вегетационный период: автореф. ... дис. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2002. 23 с.
- Даценко Ю.С. Эвтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 252 с.
- Ершова М.Г., Заславская М.Б., Эдельштейн К.К. Динамические явления разномасштабного круговорота химических веществ в экосистеме стратифицированного водохранилища // Физические проблемы экологии (экологическая физика). № 6. М.: Физфак МГУ, 2001. С. 43–50.
- Корнева Л.Г. Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 284 с.
- Минеева Н.М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги. Ярославль, 2007. 277 с.
- Хатчинсон Д. Лимнология / Сокр. пер. с англ. М.: Прогресс, 1969. 592 с.
- Шушкевич Е.В., Карпушенко А.В., Полянин В.О., Столярова Е.А. Водоподготовка и управление качеством воды в условиях развития фитопланктона на примере москворецкого водосточника // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10. Часть 1. С. 13–15.
- Эдельштейн К.К. Лимнология. Изд. 2. М.: Юрайт, 2017.
- Эдельштейн К.К., Даценко Ю.С., Гончаров А.В., Гречушникова М.Г., Пуклаков В.В. Параметризация внутрисуточных, внутригодовых и межгодовых колебаний характеристик гидроэкологического и экологического режима долинного водохранилища // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2018. С. 50–59.
- Эдельштейн К.К., Ершова М.Г., Заславская М.Б. Биогенный кальцит – важный компонент круговорота веществ в эвтрофном Можайском водохранилище // Водные ресурсы. 2005. Том 32. № 4. С. 477–488.
- Эдельштейн К.К., Пуклаков В.В., Даценко Ю.С., Ерина О.Н., Соколов Д.И. Интенсивность поступления кислорода из пресных водоемов // Водные ресурсы. 2018. Том 45. № 3. С. 309–318.
- Vollenweider R.A. Input–output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 1975, vol. 37, p. 53–84.
- Wetzel R.G. Limnology Lake and River Ecosystems. 3 ed. New York: Academic Press, 2001, 1006 p.

Поступила в редакцию 07.02.2019

После доработки 05.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

K.K. Edelshtein¹, M.G. Grechushnikova²,
A.V. Goncharov³

INFLUENCE OF WEATHER VARIABILITY
ON THE PRODUCTIVITY MOZHAISK OF WATER RESERVOIR

The paper presents the results of statistical analysis of the data received by automatic registration of intraday fluctuations in the PPFD intensity, water temperature, dissolved oxygen, intensity of production and destruction processes in the surface layer of the central part of the Mozhaisk reservoir during 70-day summer periods of 2016 and 2017.

The oxygen content in transparent and blackened vessels was recorded by original automatic unit designed for injection of water at the depth of 0,5 m. Subsequently the primary production and destruction of organic matter were calculated by the classical oxygen method.

The weather cycles were revealed which incorporate water heating and cooling phases related to weather changes. Observations were supplemented by the automatic registration of temperature fluctuations at seven levels of the 14-meter water column. Weather variability is estimated by the weather contrast index (IPC). It is shown that the higher it is the more intensive are the production and destruction processes in the surface layer of the reservoir.

Key words: reservoir, weather cycles, automation of observations, production and destruction processes, internal water exchange

Acknowledgements. The authors are grateful to M.G. Ershova for her assistance in preparing the article for publication. Development of a production installation and collection of field materials was carried out on topic 1.10, «The hydrological regime of land water bodies under conditions of climate change and anthropogenic impact» (GZ, CITIS number: AAAA – A16–116032810054–3), analysis of the data and preparation of an article supported by a grant Russian Foundation for Basic Research No. 18–05–01066 A.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: emek05@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; IWP RAS, Laboratory of Global Hydrology, Senior Scientific Researcher; e-mail: allavis@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Leading Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: mama15333@mail.ru

REFERENCES

- Datsenko Yu.S.* Evtrofirovaniye vodoshranilishh. Gidrologo-gidroshimicheskie aspekt [Eutrophication of reservoirs. Hydrological and hydrochemical aspects]. Moscow, GEOS Publ., 2007, 252 p. (In Russian)
- Edelshtein K.K.* Limnologiya [Limnology]. Moscow, Urite Publ., 2017. (In Russian)
- Edelshtein K.K., Datsenko Yu.S., Goncharov A.V., Grechushnikova M.G., Puklakov V.V.* Parametrizatsiy vnutrisutochnish, vnutrigodobish i meygodovish kolebani sharakteristik gidroekologicheskogo i ekologicheskogo rejima dolinnogo vodokhranilisha [Parametrization of intraday, intra-annual, and interannual fluctuations of hydrological and ecological regime parameters of a valley reservoir]. *Sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya gidrometeorologii v Rossii* [Current trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia]. Proc. of the Russian Scientific and Practical Conference, Irkutsk, Irkutsk State Univ. Publ., 2018, p. 50–59. (In Russian)
- Edelshtein K.K., Ershova M.G., Zaslavskaya M.B.* Biochemogenic calcite as an important component of matter turnover in the eutrophic Mozhaisk reservoir. *Water Resources*, 2005, vol. 32, no. 4, p. 434–444.
- Edelshtein K.K., Puklakov V.V., Datsenko Y.S., Erina O.N., Sokolov D.I.* The rate of oxygen release from freshwater bodies. *Water Resources*, 2018, vol. 45, no. 3, p. 399–408.
- Gidroekologicheskii rejim vodoshranilish Podmoskovia [The hydrological regime of reservoirs near Moscow]. Moscow: Pero Publ., 2015, 286 p. (In Russian)
- Goncharov A.V., Grechushnikova M.G., Puklakov V.V.* Novie vozmozhnosti klassicheskogo metoda: avtomatizirovannoe opredelenie pervichnoy produktsii i destruktii organicheskogo veshchestva v vodoeme [New Possibilities of a Classical Method: Automated Determination of Primary Production and Destruction of Organic Substance in a Reservoir]. *Biologiya vnutrennish vod*, 2018, no. 4, p. 107–110. (In Russian)
- Grechushnikova M.G.* Izmenchivost termicheskogo sostoyaniya Mozhaiskogo vodokhranilisha v vegetatsionny period [Variability of the thermal state of the Mozhaisk reservoir during the growing season], PhD Thesis in Geography, Moscow, Moscow State Univ. Publ. 2002, 23 p. (In Russian)
- Hatchinson D.* Limnologiya [Limnology]. Moscow, Progress Publ., 1969, 592 p. (In Russian)
- Korneva L.G.* Fitoplankton vodokhranilish basseyna Volgi [Phytoplankton in the reservoirs of the Volga River basin]. Kostroma, Kostroma Printing House, 2015, 284 p. (In Russian)
- Mineeva N.M.* Pervichnaya produkcija plankton v vodokhranilishakh Volgi [Primary plankton production in the Volga River reservoirs]. Yaroslavl, 2007, 277 p. (In Russian)
- Shushkevich E.V., Karpushenko A.V., Polyagin V.O., Stolyarova E.A.* Vodopodgotovka i upravlenie kachestvom vody v usloviykh razvitiya fitoplanktona na primere moskvoretskogo vodoistochnika [Water treatment and water quality management under phytoplankton development: case study of the Moskvoretsky water source] *Vodosnabzhenie i sanitarnay tekhnika*, 2010, no. 10, part 1, p. 13–15. (In Russian)
- Vinberg G.G.* Pervichnaya produkcija vodoemov [Primary production of water bodies]. Minsk, Publ. of the BSSR Academy of Sciences, 1961. 329 p. (In Russian)
- Vollenweider R.A.* Input–output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweizerische Zeitschrift fur Hydrologie*, 1975, vol. 37, p. 53–84.
- Wetzel R.G.* Limnology Lake and River Ecosystems. 3 ed. New York: Academic Pres, 2001, 1006 p.
- Yershova M.G., Zaslavskaya M.B., Edelshtein K.K.* Dinamicheskie yavleniya raznomasshtabnogo krugovorota shimicheskikh veshchestv v ekosisteme stratificirovannogo vodoshranilisha [Dynamic phenomena of a multiscale chemical cycle in the ecosystem of a stratified reservoir]. *Fizicheskie problemy ekologii (ekologicheskaya fizika)*, no. 6, Moscow, Faculty of Physics Publ., Moscow State University, 2001, 284 p. (In Russian)

Received 07.02.2019

Revised 05.10.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 528.88:614.849

А.Т. Гизатуллин¹, Н.А. Алексеев², Н.А. Моисеева³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗГОРАНИЙ ТОРФОРАЗРАБОТОК

Рассмотрена возможность прогноза возгораний торфопоразработок с использованием свободно доступных данных дистанционного зондирования. Проанализировано пространственно-временное распределение пожаров на торфопоразработках в европейской части России, как наиболее уязвимой с точки зрения торфяно-пожарных рисков области нашей страны. Яркостная температура и индекс влажности NDWI были выявлены как наиболее характерные параметры, чувствительные к изменению пожарной опасности торфяных участков и устанавливаемые по данным спутников Aqua/Terra, Landsat-8 и Sentinel-2. Посредством исследования участков, горевших в 2013–2017 гг., были установлены пороговые значения этих параметров, которые позволяют интерпретировать потенциальные возгорания торфопоразработок. Корреляционный анализ порогов параметров с температурой поверхности дал возможность распространить выявленные значения на другие неисследованные торфопоразработки европейской части России. По итогам исследования были даны методические рекомендации для прогноза возгораний торфопоразработок по данным дистанционного зондирования.

Ключевые слова: торфяные пожары, прогноз, дистанционное зондирование, яркостная температура, NDWI

Введение. Обширные территории в России заняты болотами и заболоченными землями, освоение которых происходит путем осушения. В настоящее время таким образом разработано более 10 млн га болот, в том числе 1,5 млн га из них – для добычи торфа. Наибольшие темпы развития торфодобывающей промышленности на территории современной России приходятся на 1970–80 гг. Однако после упадка этой отрасли в конце XX века большинство торфяных участков было заброшено без необходимой противопожарной обработки – рекультивации, обводнения. Суммарная площадь этих участков составляет более 240 тыс. га [Афанасьев с соавт., 2005]. Это привело к возникновению ряда проблем, главной из которых является высокая возгораемость участков торфопоразработок, в особенности, недействующих. Проблема повышенной пожароопасности остро стоит и на сегодняшний день, требуя современных и эффективных вариантов решения.

Фрагментарность и повсеместность распространения торфяников на больших территориях, высокая опасность их возгораний для человека обуславливают преимущества дистанционных методов перед наземными в исследованиях торфяных пожаров. Текущий опыт подобных исследований фиксируется при решении вопросов более общей тематики с применением данных дистанционного зондирования. Торфяные возгорания рассматриваются как одна из составляющих объекта в рамках:

– экологических исследований, изучающих загрязнение природной среды в результате эмиссии

углекислого газа при торфяных пожарах [Втюрин с соавт., 2007];

– мониторинга чрезвычайных ситуаций [Овчинникова, Пранцузова, 2011];

– выявления пожаров. В большинстве исследований применяется методика детектирования пожаров по данным съемочной системы MODIS (спутники Aqua/Terra), которая не учитывает особенностей возгорания торфа и нацелена на выявление существующих пожаров, а не на их предупреждение [Justice et al., 2002].

Частный вклад в развитие методической поддержки изучения торфопоразработок вносят исследования на локальном уровне на примере участков с однородными условиями воспламенения торфяной толщи. В начале XXI в. с использованием космических снимков MODIS и ETM+ (Landsat-7) в инфракрасных каналах были предприняты первые попытки детектирования подземных торфяных пожаров в тропических районах Ботсваны и Конго [McCarthy et al., 2002; Siegert et al., 2004]. В нашей стране также проводятся разносторонние исследования пожаров на торфяниках. Группой ученых из Сибирского отделения РАН [Голованов с соавт., 2008] были исследованы возможности математического моделирования и превентивного выявления воспламенения торфа на примере участков торфопоразработок Томской области. Интенсивность проведения исследований была повышена в результате сильных торфяных пожаров на территории Мещерской низменности в 2010 году: возникла необходимость в предупреждении возгораний рассматрива-

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, магистрант 1 года обучения; e-mail: dr.freeboy@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: valtuz@mail.ru; Институт географии РАН, лаборатория картографии, мл. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: valtuz@mail.ru

³ ГК СКАНЭКС, департамент тематического картографирования, руководитель, e-mail: nina.moiseewa2011@yandex.ru

емого типа [Мироненко с соавт., 2015; Медведева с соавт., 2017].

Основной целью этого исследования является продолжение решения проблемы предупреждения торфяных возгораний в России с акцентом на использование данных дистанционного зондирования, в частности, расширение опыта проведения подобных исследований.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить параметры, устанавливаемые по данным дистанционного зондирования и чувствительные к изменению пожарного состояния на торфяном участке, а также выявить их пороговые значения, указывающие на высокую вероятность возгорания;
- выбрать материалы космической съемки, пригодные для задач превентивного мониторинга пожарной опасности торфяных разработок;
- проанализировать пространственно-временное распределение пожаров на торфяных разработках в России с целью выбора эталонных репрезентативных участков для изучения их на космических снимках;
- выполнить тестирование полученных параметров для предупреждения торфяных возгораний.

Материалы и методы исследований. Торфом называется разновидность полезного ископаемого, основу которого составляют растительные остатки и продукты их разложения. Сформированные массивы торфа образуют торфяники. При добыче участок торфяника определяется как торфяная разработка – основной объект данного исследования. Горение торфа – основа предмета исследования – представляет собой процесс, состоящий из совокупности физико-химических превращений под воздействием различных факторов – ускоряющих и лимитирующих. Главными из этих факторов являются ускоряющий тепловой и ограничивающий водный: чем выше температура торфа и чем ниже содержание воды в нем, тем выше вероятность его возгорания [Лиштван с соавт., 1989].

Исходя из вышеперечисленных особенностей горения торфа, температура и влагосодержание были рассмотрены в качестве параметров, отражающих пожарную опасность торфяной разработки. Температура как показатель теплового излучения объектов земной поверхности фиксируется в инфракрасном (ИК) диапазоне электромагнитного спектра. Для определения содержания воды по космическим снимкам используют индекс NDWI (Normalized Difference Water Index), который вычисляется на основе излучения в ближней и коротковолновой частях ИК-диапазона ($\approx 0,867$ и $\approx 1,241$ мкм) [Gao, 1996].

Таким образом, одним из критериев выбора материалов космической съемки являлось наличие инфракрасных каналов в съемочной системе спутника. Другой критерий представлял собой наличие открытого доступа к регулярно поставляемым материалам, что создает основу для последующего применения опыта исследований. Этим критериям

соответствуют три серии съемочных систем, установленных на спутниках Landsat-8, Sentinel-2A/2B и Aqua/Terra. Рассмотрим основные характеристики этих систем, наиболее существенные при оценке пожарной опасности торфяных разработок.

Landsat-8 – спутник, выведенный на орбиту 11 февраля 2013 года и производящий съемку посредством сканеров OLI/TIRS в видимом и инфракрасном (в том числе в тепловом) диапазонах. Пространственное разрешение получаемых снимков составляет от 15 до 100 м, периодичность съемки одной и той же территории – 16 суток [Landsat-8 ..., 2019]. С использованием тепловых снимков с этого спутника можно определить яркостную температуру поверхности торфяных разработок и индекс влажности NDWI по снимкам в ближнем и коротковолновом инфракрасном диапазоне.

Aqua/Terra – два спутника серии EOS, функционирующих с 1999 и 2002 года соответственно. Одним из ключевых инструментов этих спутников является гиперспектральная съемочная система MODIS, позволяющая вести съемку в 36 узких каналах видимого и инфракрасного диапазонов. Снимки с этого сканера имеют среднее и низкое пространственное разрешение (250, 500 и 1000 м) и периодичность 1–2 раза в сутки, что обеспечивает высокое временное разрешение [About MODIS ..., 2019]. Данные съемки MODIS широко применяются для обнаружения природных пожаров, однако в нашем случае их можно использовать для вычисления температуры поверхности и индекса влажности поверхности торфяных разработок.

Sentinel-2A/2B – семейство из двух спутников, запущенных в 2015 и 2017 годах соответственно. На них установлена оптико-электронная съемочная система MSI, с помощью которой возможна гиперспектральная съемка в видимом и инфракрасном диапазонах. Пространственное разрешение данных MSI варьируется в зависимости от съемочного канала – от 10 до 60 м, а интервал съемки одной и той же территории составляет 5 суток [Missions: Sentinel-2 ..., 2019]. При оценке пожароопасности торфяной поверхности, используя эти снимки, мы можем рассчитать индекс влажности NDWI.

Данные описанных выше съемочных систем являются различными по своим характеристикам, однако это позволяет наиболее комплексно исследовать проблему возгорания торфяных разработок. Общим интервалом времени действия рассматриваемых спутников на орбитах является период с 2013 года, когда был запущен Landsat-8, а затем (через два года) и Sentinel-2A. Поэтому для анализа пространственно-временного распределения возгораний торфяных разработок был выбран период с 2013 по 2017 гг.

Торфяная промышленность в России на сегодняшний день представлена на региональном и локальном уровнях. Наибольшее развитие она получила в европейской части страны, что обуславливается природными и социально-экономическими причинами: оптимальными условиями температуры

и увлажнения, способствующими торфонакоплению, и близостью к потребителю. Этим критериям отвечает северная часть Русской равнины. Таким образом, большинство участков торфопоразработок (в том числе бывших) располагается на территории европейской части России, в частности, в Московской, Ленинградской, Псковской и других областях.

Выявление пространственно-временного распределения торфяных возгораний производилось путем наложения двух слоев данных: торфопоразработок европейской части России и природных пожаров (источник слоев – система выявления пожаров Scanex Fire Monitoring System / SFMS [Карта пожаров ..., 2019]). Перекрытие этих слоев с последующей верификацией по текстовым источникам (поисковые интернет-сайты) указывает на местоположение торфопоразработок, которые горели за указанный период.

Выявленные горевшие торфопоразработки были рассмотрены в качестве эталонных участков для анализа поведения параметров температуры и индекса влажности на космических снимках в ходе возникновения и развития торфяного пожара. Для этого использовались космические снимки MODIS, OLI/TIRS и MSI, которые фиксировали состояние торфопоразработок в этом временном интервале. На основе изображений в инфракрасных каналах рассчитывались значения температур и индекса влажности, а затем их статистические параметры как характеристики всей горевшей площади (совокуп-

ности пикселей снимка): медиана, среднее, экстремальные значения и квартили.

Для обеспечения возможности использования результатов анализа горевших участков для предупреждения возгораний на всю совокупность торфопоразработок (в том числе и незатронутых пожарами) был проведен корреляционный анализ между среднемесячными температурами поверхности европейской части России (источник данных – база данных NASA POWER / SSE [NASA ..., 2019]) и рассматриваемыми параметрами пожарной опасности торфопоразработок. Расчет корреляции между показателями происходил по формуле [Берлянт, 1978]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - M_a)(b_i - M_b)}{n \sigma_a \sigma_b},$$

где a_i и b_i – текущие значения явлений А и В, M_a , M_b и σ_a , σ_b – их средние арифметические значения и среднеквадратические отклонения соответственно, n – число сравниваемых точек. Явление А, в данном случае, представляется как среднемесячная температура поверхности, а В – температура и индекс влажности торфопоразработки.

Результаты исследований и их обсуждение.

Пространственное распределение торфяных пожаров (рис. 1) за 2013–2017 гг. ежегодно представляет собой неизменную картину: наибольшая концентрация возгораний достигается вдоль западной гра-

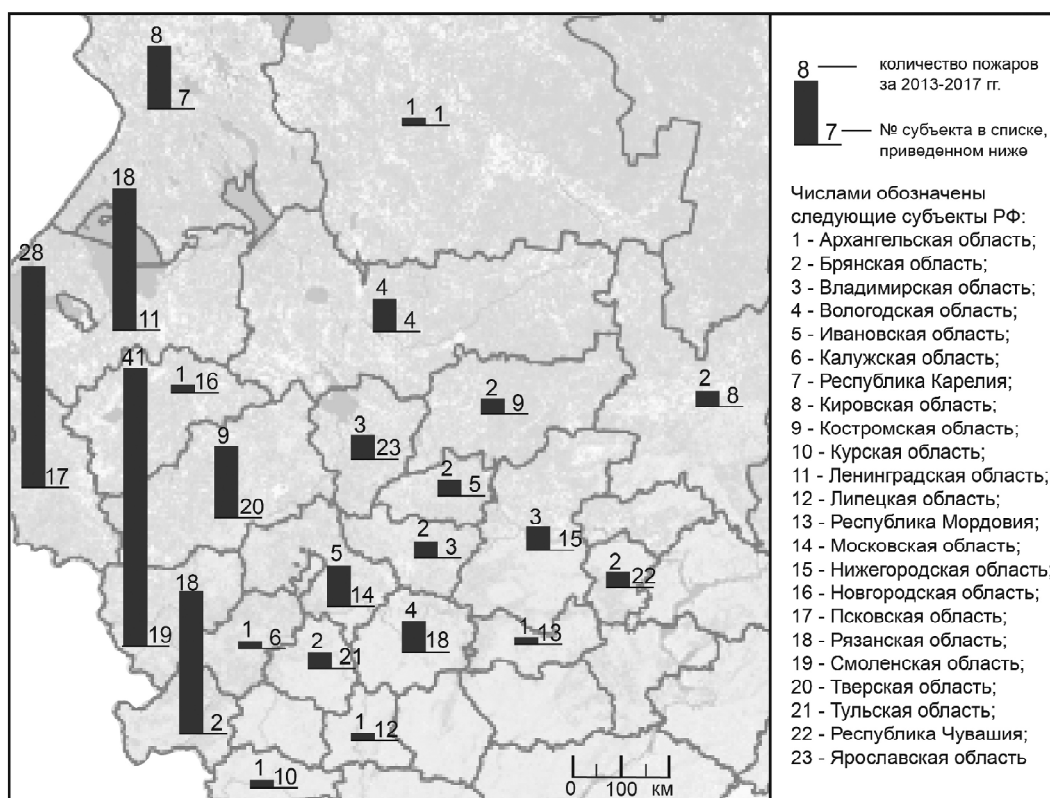


Рис. 1. Количество возгораний торфопоразработок по регионам европейской части России за 2013–2017 гг.

Fig. 1. Number of peat field fires in the regions of the European Russia during 2013–2017

ницы России в пределах 50-х градусов широты, к востоку их количество значительно уменьшается. Наибольшее число пожаров зафиксировано в Смоленской, Псковской, Ленинградской и Брянской областях, в остальных же регионах значения варьируются в пределах первых единиц. Следует отметить, что большинство торфяных возгораний приходится на районы с заброшенными участками разработок, тогда как в регионах, где торфодобыча ведется (Кировская и Нижегородская области), количество пожаров невысокое.

Временное распределение возгораний торфопоразработок (рис. 2) рассматривалось относительно внутригодовых изменений в их количестве. Пожарный сезон на торфяных участках согласно полученным результатам продолжается с марта по октябрь. Было выявлено, что больше всего торфопоразработки горят в весенние месяцы, когда происходит резкое интенсивное прогревание воздуха и земной поверхности, а также высыхание подземных слоев торфа после таяния снега. На весну приходится пик антропогенного воздействия: на возгораемость влияют поджоги сухой прошлогодней травы и образование травяных палов.

Летом и осенью количество пожаров существенно уменьшается. Выявленная закономерность может быть следствием используемых данных. Летом общая температура земной поверхности намного выше, чем весной, следовательно, разница между температурами в очаге возгорания торфа и на окружающей земной поверхности в это время сглаживается. Такая разница может оказаться меньше порогового значения, заданного в методике [Justice et al., 2002] по детектированию пожаров, примененной в исследовании.

При рассмотрении временного хода медианы температуры и индекса влажности поверхности в пределах более 130 горевших участков была выявлена следующая закономерность: за некоторое время до непосредственного возгорания (даты пожара) происходит резкое изменение параметров мониторинга, то есть явное увеличение температуры

поверхности и уменьшение индекса влажности. Этот момент был интерпретирован как начало активизации условий для возгорания, а значения параметров, зафиксированные в это время – пороговыми или превентивными, то есть их превышение на основе сравнения будет указывать на интерпретацию рассматриваемых торфопоразработок как потенциально пожароопасных.

Такие резкие изменения параметров выявлялись в 85% случаев горевших участков, при этом относительное время таких перепадов варьировалось от нескольких часов до 8 дней до непосредственного возгорания торфа. Зафиксированные пороговые значения на более 100 участках по температуре составляют от $\approx 10^\circ$ до $\approx 45^\circ\text{C}$, по индексу влажности – $\approx -0,3 \dots 0,3$. Также следует отметить, что при анализе торфопоразработок, горевших от двух и более раз, было установлено, что пороговые значения параметров зависят от сезона и имеют годовые изменения в пределах одного участка, а также являются частными, т. е. относятся к конкретным участкам.

Для торфопоразработок, которые не горели в рассматриваемый период, пороговые значения параметров пожарной опасности были установлены путем экстраполяции ранее выявленных значений. По результатам анализа их связи со среднемесячной температурой поверхности была выявлена высокая степень зависимости: коэффициенты корреляции для пороговых значений яркостной температуры и индекса влажности составили $+0,89$ и $-0,77$ соответственно. Также в ходе визуального анализа пространственной изменчивости пороговых значений были зафиксированы минимальные их различия в пределах зон широтного простираения с шагом среднемесячной температуры в 2°C . С учетом этих замечаний пороговые значения рассматриваемых параметров были распространены на участки торфопоразработок всей территории европейской части России согласно температурным зонам: в пределах участков одной зоны значения являются постоянными, а при увеличении температуры земной поверхности возрастает температурный порог и уменьшается индексный (NDWI) (рис. 3, табл.).

Полученные таким образом территориально и сезонно изменчивые пороговые значения параметров температуры и индекса влажности были протестированы в режиме реального времени в период с 3 по 11 марта 2017 года на территории Брянской, Орловской и Курской областей. Выбор такой территории обусловлен пространственным совпадением фрагментов данных MODIS, OLI/TIRS и MSI, что упрощает процесс их получения и создает комплексное обеспечение участка космическими снимками с различными параметрами. По полученным снимкам рассчитывались значения параметров, которые сравнивались с пороговыми значениями: для температурных зон марта $-4^\circ \dots -2^\circ\text{C}$ и $-2^\circ \dots 0^\circ\text{C}$ они составляют соответственно $9,5^\circ\text{C}$ и $10,1^\circ\text{C}$ для температуры торфяной поверхности, $0,26$ и $0,21$ – для индекса влажности.

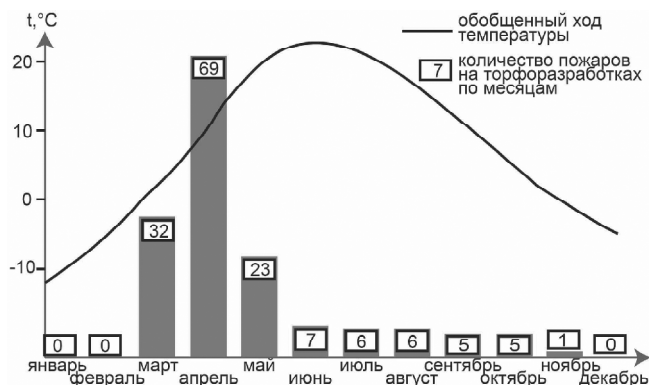


Рис. 2. Изменение количества возгораний торфопоразработок в европейской части России по месяцам за 2013–2017 гг.

Fig. 2. Changing number of peat field fires in the European Russia by months during 2013–2017

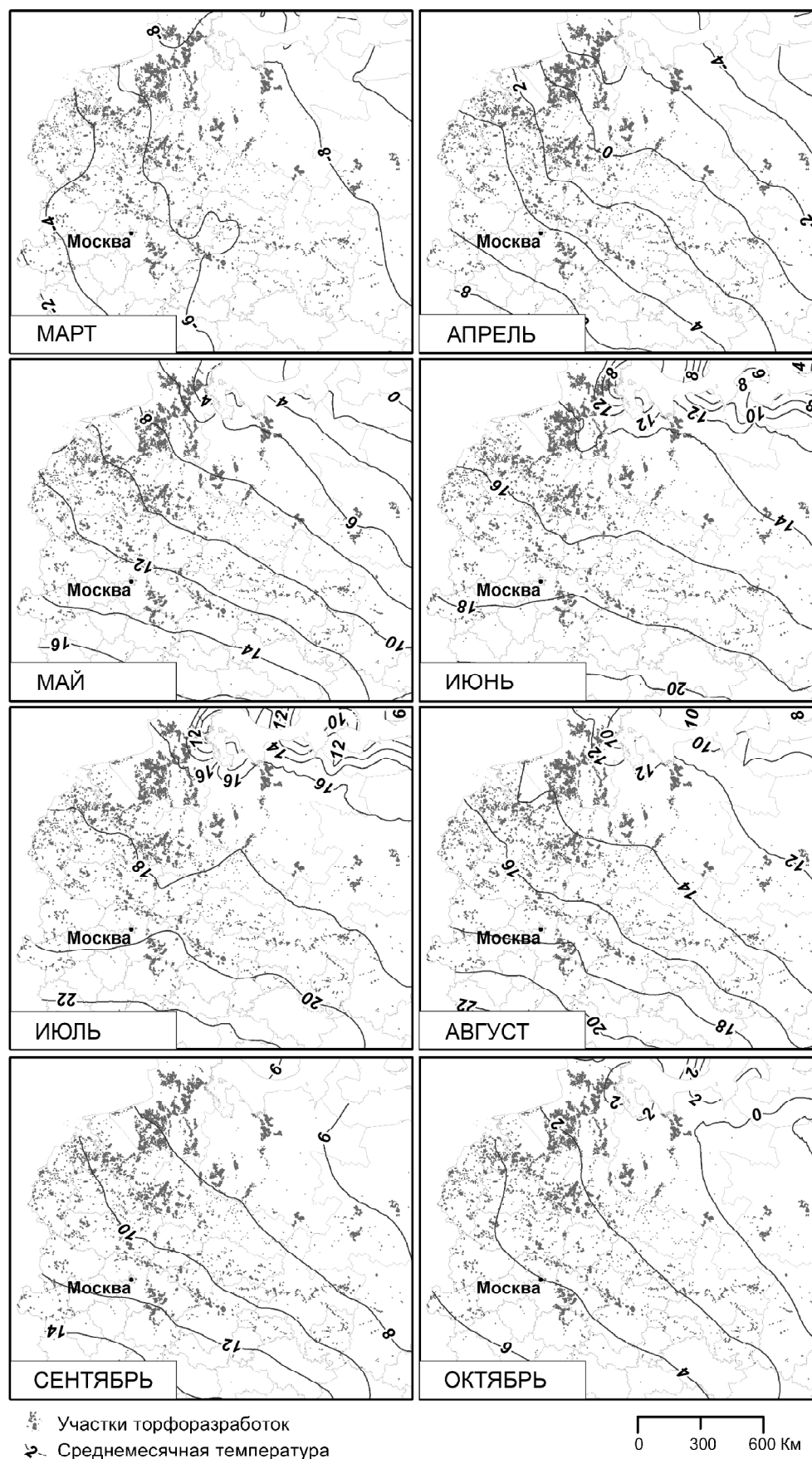


Рис. 3. Температурные зоны в европейской части России по месяцам пожарного сезона на торфозаготовках

Fig. 3. Temperature zones in the European Russia by months of the peat field fire season

Таблица

Соответствие пороговых значений яркостной температуры (ЯТ) и индекса влажности (ИВ) поверхности торфоразработок температурным зонам (ТЗ)

ТЗ, °С	–4...–2	–2...0	0...2	2...4	4...6	6...8	8...10	10...12
ЯТ, °С	9,5	10,1	11,3	12,5	14,2	16,1	19,5	22,1
ИВ	0,26	0,21	0,18	0,14	0,09	0,04	–0,01	–0,05
ТЗ, °С	12...14	14...16	16...18	18...20	20...22	22...24	24...26	
ЯТ, °С	25,7	27,8	29,1	31,4	33,5	38,3	41,5	
ИВ	–0,1	–0,13	–0,15	–0,19	–0,24	–0,28	–0,31	

В итоге, 4, 6 и 7 марта было получено три участка с потенциально высокой пожарной опасностью, на которых значения параметров превысили пороговые значения: в Брянской (п. Синезерки, п. Перекоп) и Курской (д. Арбузово) областях. Достоверность полученных результатов была оценена с помощью упомянутой выше системы детектирования пожаров SFMS, которая 10 и 11 марта выявила два из трех предупрежденных возгораний (п. Перекоп и д. Арбузово). Это указывает на возможность применения исследованных параметров яркостной температуры и индекса влажности для превентивного выявления потенциальных возгораний на торфоразработках.

Исходя из полученных результатов, можно составить методическую последовательность использования данных дистанционного зондирования для предупреждения возгораний торфоразработок:

1. Получение данных на территорию исследования торфоразработок со спутников Aqua/Terra, Landsat-8, Sentinel-2A/2B;
2. Расчет параметров температуры поверхности и индекса влажности в пределах торфяных участков;
3. Сравнение вычисленных значений с пороговыми значениями этих параметров;
4. Предупреждение потенциальных возгораний на участках со значениями, превысившими пороговые значения.

Эта последовательность достаточно простая в плане реализации и автоматизируется средствами обработки космических изображений. Как следствие, она может использоваться в самостоятельных системах превентивного мониторинга торфяных возгораний или в рамках тематической компоненты систем предупреждения и оценки пожарной опасности в целом.

Выводы:

– наибольшее количество торфяных пожаров происходит на заброшенных торфоразработках, ко-

торые сконцентрированы вдоль западной границы России, пик активности горения приходится на весенние месяцы, что важно учитывать при предупреждении возгораний;

– данные спутников Aqua/Terra, Landsat-8, Sentinel-2A/2B пригодны для использования в исследованиях пожарной опасности торфяных участков и на сегодняшний день потенциально предоставляют комплексную характеристику пожарной ситуации. Однако следует учитывать степень изношенности спутников Aqua/Terra и в дальнейших исследованиях искать альтернативные источники данных и расширять приведенный перечень спутников: потенциальной заменой может стать перспективная группировка спутников среднего разрешения Sentinel-3;

– температура и индекс влажности NDWI торфяной поверхности наиболее достоверно характеризуют изменения пожарной опасности торфоразработок, что указывает на их применимость для предупреждения торфяных пожаров;

– выявленные пороговые значения этих параметров являются достаточно чувствительными для установления пожароопасных участков вследствие их динамичности относительно территориально-сезонного аспекта, однако для повышения точности превентивного мониторинга их следует пересчитывать с учетом анализа новых возгораний;

– технические аспекты обработки материалов дистанционного зондирования, особенно в автоматическом режиме, могут вносить погрешности в результаты анализа пожарной ситуации на торфоразработках, что требует привлечения дополнительных источников для мониторинга и верификации его результатов в целях повышения достоверности и надежности выходных данных при использовании результатов этого исследования в системах оценки пожарной опасности торфоразработок.

Благодарности. Работа выполнена по Госзаданию № АААА-А19-119022190168-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев А.Е., Инишева Л.И., Ковалев Н.Г. и др. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. Томск: ЦНТИ. 2005. 76 с.
- Берлянт А.М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 257 с.
- Втюрин С.А., Князев Н.А., Палатов Ю.А. и др. Использование данных дистанционного зондирования Земли из космоса для прогнозного моделирования экологической обстановки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 1. № 4. С. 111–118.
- Голованов А.Н., Якимов А.С., Абрамовских А.А. и др. О математическом моделировании процессов загорания и тления торфа // Теплофизика и аэромеханика. Новосибирск: СО РАН, 2008. № 4. С. 699–710.
- Литван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И. и др. Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 304 с.
- Медведева М.А., Возбранная А.Е., Сиринов А.А. и др. Возможности различных многоспектральных спутниковых данных для оценки состояния неиспользуемых пожароопасных и обводняемых торфоразработок // Исследование Земли из космоса. 2011. № 3. С. 76–84.
- Мироненко И.В., Осика Н.А., Новенко Е.Ю. и др. Ландшафтная приуроченность пожаров 2010 года в юго-восточной Мещере // Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии: материалы II Всероссийской молодежной научной конференции. Томск: ИД ТГУ, 2015. С. 90–93.
- Овчинникова Т.В., Пранцузова И.В. Мониторинг чрезвычайных ситуаций с использованием дистанционного зондирования Земли // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: Материалы II Всероссийской научно-практической Интернет конференции. Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2011. С. 128–130.
- Gao B. NDWI – A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Remote Sensing of Environment, 1996, vol. 58, p. 257–266.
- Justice C., Giglio L., Korontsi S. et al. The MODIS fire products. Remote Sensing of Environment, 2002, vol. 83, p. 244–262.
- McCarthy J., Roy D., Frost P.E. et al. Remote sensing to detect sub surface peat fires and peat fire scars in the Okavango Delta, Botswana. South African Journal of Science, 2002, vol. 7, p. 351–358.
- Siegert F., Zhukov B., Oertel D., Limin S., Page S.E., Rieley J.O. Peat fires detected by the BIRD satellite. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25:16, p. 3221–3230. DOI: 10.1080/01431160310001642377.
- Электронные ресурсы
- Карта пожаров // ГК СКАНЭКС. 2019. [Электронный ресурс]: URL: <http://fires.ru/> (дата обращения 07.02.2019).
- About MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Электронный ресурс]: URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения 15.01.2019).
- Missions: Sentinel-2. ESA: Sentinel Online. 2019. [Электронный ресурс]: URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата обращения 19.01.2019).
- NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Электронный ресурс]: URL: <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 15.01.2019).
- Landsat-8 – The Landsat Program. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Электронный ресурс]: URL: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/> (дата обращения 15.01.2019).

Поступила в редакцию 19.04.2019

После доработки 21.08.2019

Принята к публикации 01.11.2019

A.T. Gizatullin¹, N.A. Alexeenko²,
N.A. Moiseewa³

USING REMOTE SENSING DATA
TO MONITOR PEAT FIELD FIRES

The article considers the possibility of peat field fire prediction using the open sources of remote sensing data. Spatial and temporal distribution of peat field fires was analyzed for the European part of Russia which is the most vulnerable area of the country in terms of peat-fire risks. The brightness temperature and the NDWI moisture index were identified as the most characteristic parameters. They are sensitive to changing flammability of peateries and could be calculated using Aqua/Terra, Landsat-8 and Sentinel-2 data. The threshold values of these parameters were determined by surveying the fields burned during 2013–2017, thus providing for the interpretation of potential peat field fires. Correlation analysis of threshold values with the surface temperature made it possible to extend the established values to other unsearched peateries of the European Russia. Following the results of the study, recommendations to forecast peat field fires by remote sensing data were given.

Key words: peat fires, forecast, remote sensing data, brightness temperature, NDWI

Acknowledgements. The article is prepared under the research theme of the State task № AAAA-A19-119022190168-8.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, master student; *e-mail*: dr.freeboy@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Associate Professor, Ph.D. in Geography; Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Laboratory of Cartography, Scientific Researcher; *e-mail*: valtuz@mail.ru

³ SCANEX Group, Department of Thematic Cartography, Head of Department; *e-mail*: nina.moiseewa2011@yandex.ru

REFERENCES

- Afanas'ev A.E., Inisheva L.I., Kovalev N.G. et al. *Koncepciya ohrany i racional'nogo ispol'zovaniya torfyanyh bolot Rossii* [The concept of protection and rational use of peat bogs in Russia]. Tomsk, Center of Scientific and Technical Information Publ., 2005, 76 p. (In Russian)
- Berlyant A.M. *Kartograficheskij metod issledovaniya* [Cartographic method of research]. Moscow, Moscow Univ. Publ., 1978, 257 p. (In Russian)
- Gao B. NDWI – A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Remote Sensing of Environment*, 1996, vol. 58, p. 257–266.
- Golovanov A.N., Yakimov A.S., Abramovskih A.A. et al. O matematicheskom modelirovanii processov zazhiganiya i tleniya torfa [Mathematic modeling of peat burning and smouldering]. *Teplofizika i aehromekhanika*, Novosibirsk, Siberian Branch of the RAS Publ., 2008, no. 4, p. 699–710. (In Russian)
- Justice C., Giglio L., Korontsi S. et al. The MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*, 2002, vol. 83, p. 244–262.
- Lishtvan I.I., Bazin E.T., Gamayunov N.I. et al. *Fizika i himiya torfa* [Physics and Chemistry of Peat]. Moscow, Nedra Publ., 1989, 304 p. (In Russian)
- McCarthy J., Roy D., Frost P.E. et al. Remote sensing to detect sub surface peat fires and peat fire scars in the Okavango Delta, Botswana. *South African Journal of Science*, 2002, vol. 7, p. 351–358.
- Medvedeva M.A., Vozbrannaya A.E., Sirin A.A. et al. Vozmozhnosti razlichnyh mnogospektral'nyh sputnikovyh dannyh dlya ocenki sostoyaniya neispol'zuemyh pozharoopasnyh i obvodnyaemyh torforazrabotok [Potentials of various multispectral satellite data for assessing the status of unused fire-hazardous and flooded peat mines]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2011, no. 3, p. 76–84. (In Russian)
- Mironenko I.V., Osika N.A., Novenko E.Yu. et al. Landshaftnaya priurochennost' pozharov 2010 goda v yugovostochnoj Meshchere [Landscape location of 2010 fires in the southeastern Meshchera]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty sovremennoj biologii: materialy II Vserossijskoj molodyozhnoj nauchnoj konferencii* [Fundamental and applied aspects of modern biology: proc. of the II Russian Youth Scientific Conference]. Tomsk, Tomsk State Univ. Publ., 2015, p. 90–93. (In Russian)
- Ovchinnikova T.V., Prancuzova I.V. Monitoring chrezvychajnyh situacij s ispol'zovaniem distancionnogo zondirovaniya Zemli [Monitoring of emergencies using the Earth remote sensing]. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj Internet konferencii* [Modern technologies for providing civil defense and emergency response: Proc. of the II Russian Scientific and Practical Internet Conference]. Voronezh, Voronezh Institute of the State Fire Service, Ministry of Emergencies, 2011, p. 128–130. (In Russian)
- Siebert F., Zhukov B., Oertel D., Limin S., Page S.E., Rieley J.O. Peat fires detected by the BIRD satellite. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25:16, p. 3221–3230. DOI: 10.1080/01431160310001642377.
- Vtyurin S.A., Knyazev N.A., Palatov YU. A. et al. Ispol'zovanie dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa dlya prognoznogo modelirovaniya ehkologicheskoy obstanovki [Application of the Earth remote sensing space data for predictive modeling of environmental situation] *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2007, vol. 1, no. 4, p. 111–118. (In Russian)
- Web sources*
- About MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/> (access date 15.01.2019).
- Fire map. SCANEX. 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://fires.ru/> (access date 07.02.2019).
- Landsat-8 – The Landsat Program. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/> (access date 15.01.2019).
- Missions: Sentinel-2. ESA: Sentinel Online. 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (access date 19.01.2019).
- NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. NASA – National Aeronautics and Space Administration. 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://power.larc.nasa.gov/> (access date 15.01.2019).

Received 19.04.2019

Revised 21.08.2019

Accepted 01.11.2019

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.37

А.С. Чучкалов¹, А.И. Алексеев²ЭФФЕКТ КОЛЕИ В ЭВОЛЮЦИИ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ
РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

*Населенный пункт исчез, осталась только колея.
Но хоть до насеки можно доехать*

Пчеловод Параньгинского района Марий Эл, 2019 г.

На примере периферийных территорий Республики Марий Эл (по которым были доступны уникальные данные по каждому сельскому населенному пункту начиная с 1891 г.) выявлены закономерности эволюции сети поселений и изменения их функций. Вплоть до середины XX в. на этой территории продолжалось увеличение числа поселений, а максимальная их густота была достигнута в 1950-х гг. В дальнейшем укрупнение колхозов и политика «селения неперспективных населенных пунктов» привела к сокращению сети почти вдвое. Наиболее устойчивыми оказались бывшие волостные центры и центральные усадьбы колхозов конца советского периода – все они сохранились. А населенные пункты с людностью менее 100 жителей (в 1979 г.) в большинстве своем исчезли. Деревни, поселки и села, являвшиеся неполными или полными центрами обслуживания (в которых существовали как неполные, так и полные школы или учреждения здравоохранения), как правило, сохранили класс центров обслуживания без изменений – сокращение сети бюджетных учреждений на них отразилось в меньшей степени.

Ключевые слова: эффект колеи, эволюция расселения, сельские населенные пункты, центры обслуживания, Марий Эл

Введение. Выражение «эффект колеи» – довольно новое в отечественной литературе, широко используемое, например, А.А. Аузаном [2015], Р.М. Нуреевым [2010] и другими авторами. Оно было введено в 1985 г. Полом Дэвидом, использовавшим выражение «QWERTY» (клавиатуры печатающих устройств на английском языке) как символ того, что случайно принятое решение (хотя и не лучшее) определило развитие технологии. Но, по мнению Р.М. Нуреева, «более многообещающим является анализ «несостоявшейся экономической истории». Данное направление базируется на представлении о том, что в истории чередуются периоды жестко детерминированного развития и периоды (точки) бифуркации, когда «судьбоносными» могут оказаться даже совсем мелкие субъективные обстоятельства – по принципу «бабочки Брэдли».

В отечественной географии термин «эффект колеи» почти не используется, в то же время разные авторы очень давно указывали на обусловленность современных процессов предыдущим состоянием. Точки бифуркации многократно описаны в географической литературе.

Из самых известных назовем выбор места для строительства моста через Обь, когда он был сделан не в пользу направления на Томск, а исходя из

ширины долины Оби – практически на пустом месте, где впоследствии вырос крупнейший город Сибири – Новосибирск. А «колея» (в буквальном смысле!) Транссибирской магистрали уже более 100 лет определяет территориальную структуру Азиатской России.

Представляется, что ситуация с «эффектом колеи» может быть сравнима с периодом массового внедрения в географию **системного подхода** (в 1970-х гг.). Тогда многие скептики говорили, что «хорошие географические работы всегда были системными». Помнится, что в пример приводилась книга Л.С. Берга «Аральское море. Опыт физико-географической монографии» [1908], где, в частности, первые 110 страниц посвящены истории исследований в связи с историей картографии моря – начиная от Птолемея, включая арабов (Аль-Идриси и др.), китайских авторов, Фра Мауро, Ремизова и вплоть до XIX в.

Другое дело, что теория системного подхода более четко сформулировала требования к научному исследованию, структурировала наши представления о нем, и, несомненно, оказалась в этом смысле полезна.

В данной статье авторы стремились исследовать, как траектория развития сельских населенных

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, студент; *e-mail:* chuchkalov_sashka@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, докт. геогр. н., профессор; *e-mail:* alival@mail.ru

пунктов (СНП) определяется их предшествующим состоянием.

Материал и методы исследований. Район исследований был выбран в первую очередь потому, что для него имелись уникальные материалы – «История сел и деревень Республики Марий Эл». В сборниках (по каждому муниципальному району) в форме очерков представлена краткая история всех населенных пунктов Республики Марий Эл (в том числе исчезнувших в XIX в. и ранее). Очерки содержат сведения о месте нахождения деревень, окружающем ландшафте, известных людях, национальном и демографическом составе, динамике социально-экономического развития селений до 2000–2004 гг. Объем очерков определяется количеством материала, собранного работниками сельских и поселковых администраций, сотрудниками Государственного архива Республики Марий Эл, районной библиотечной системы, музеев, учителями, краеведами. В свою очередь, сведения о современном размещении учреждений сферы обслуживания в сельских населенных пунктах были взяты с сайтов администраций муниципальных районов и сельских поселений [Администрация МО «Мари-Турекский ...», 2019; Администрация МО «Параньгинский ...», 2019]. Всего были проанализированы текстовые описания 304 населенных пунктов, существовавших в разные временные эпохи.

В нашем распоряжении были также списки СНП на момент 1891, 1952, 1955, 1969, 1974, 1978, 1986 гг. а также по переписям 1959–2010 гг. Важным источником информации являлась также электронная версия «Книги Вятских Родов» В.А. Старостина, в основу которой заложены материалы переписи домовладельцев, землевладельцев и владельцев лошадей Вятской губернии 1891 г., дополненные данными «Материалов по статистике Вятской губернии», изданными по уездам с 1884 по 1892 гг. Списки населенных пунктов за 1952–1986 гг. (с указанием положения относительно административных центров и железнодорожных станций) были взяты из справочников по административно-территориальному делению Марийской АССР за 1952, 1955, 1969, 1974, 1978 и 1986 гг., включающих также списки сельских, поселковых и городских советов, указание преобладающей этнической принадлежности жителей СНП, списки предприятий лесного комплекса, а также колхозов, совхозов с указанием принадлежности населенных пунктов к ним.

При составлении картосхем использовались результаты переписи населения Вятской губернии 1891 г., Всесоюзной переписи населения 1979 г. и Всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг. Преобладающий этнос в структуре населения определялся в соответствии с информацией, размещенной в справочниках административно-территориального деления Республики Марий Эл 1952–1979 гг. и в базе данных «Этно-языковой состав населенных пунктов России». Исходя из того, что преобладающий этнос в структуре населения за 1952–2002 гг. преимущественно остался неизменным (это спра-

ведливо для всех населенных пунктов, за исключением 6 деревень с численностью населения в 2010 г. от 2 до 17 чел.), при составлении картосхем использовались как можно более ранние данные 1952–1974 гг. Транспортная сеть на них отображалась в соответствии с имеющимися в открытом доступе картографическими источниками (карта востока Европейской части России Стрельбицкого 1871 г., карта Вятской губернии 1929 г., социально-культурная карта Марий Эл 1929 г., карта Марийской АО Нижегородского края 1930 г., военно-топографические карты 1978–1982 гг., топографическая карта СССР 1985 г., топографическая карта Европейской России 2000 г., топографический атлас Республики Марий Эл 2009 г.).

Помимо анализа текстового и статистического материала, были проведены натурные исследования территории (с посещением центров большинства муниципальных образований – сельских поселений), экспертные и глубинные интервью.

Результаты исследований и их обсуждение.

Объект изучения. Динамика расселения. Два юго-восточных муниципальных района Марий Эл – Мари-Турекский и Параньгинский – являются одними из наиболее полиэтничных в республике: здесь существуют села марийские, татарские, русские и удмуртские, что позволило учесть влияние национального фактора на сельское расселение. Оба района – периферийные в пределах республики, интенсивность оттока сельского населения оттуда выше средней.

Согласно полученным результатам, на момент 1891 г. на современной территории двух анализируемых районов существовало 248 населенных пунктов – деревень, сел, поселков, выселок и починок, позднее – хуторов, поселков при машинно-тракторных станциях и поселков при лесозаготовках.

Примечательно, что за 1891–1918, 1918–1930 и 1930–1959 гг. количество образованных новых населенных пунктов преобладало над числом упраздненных (рис. 1), что было обусловлено, главным образом, формированием хуторов после Столыпинской аграрной реформы 1909 г., а также возникновением новых населенных пунктов в первые годы коллективизации. Так, с 1918 включительно до 1930 гг. на современной территории Мари-Турекского и Параньгинского районов был образован 31 новый населенный пункт.

С момента начала проведения государственной политики ликвидации «неперспективных» деревень в 1960–1970-е гг. населенные пункты преимущественно утрачивали статус таковых. Так, за 1959–1969 гг. было упразднено 42 населенных пункта, но далеко не все они были признаны «неперспективными» – таких было только 39. Из них прекратили свое существование только 16. В свою очередь, 23 поселения существуют как населенные пункты и по сей день, 3 из которых в 2010 г. обладали численностью населения более 100 чел. В 2 деревнях на 01.06.2019 даже действовали начальные общеобразовательные школы, а в 4 деревнях имелись магазины.

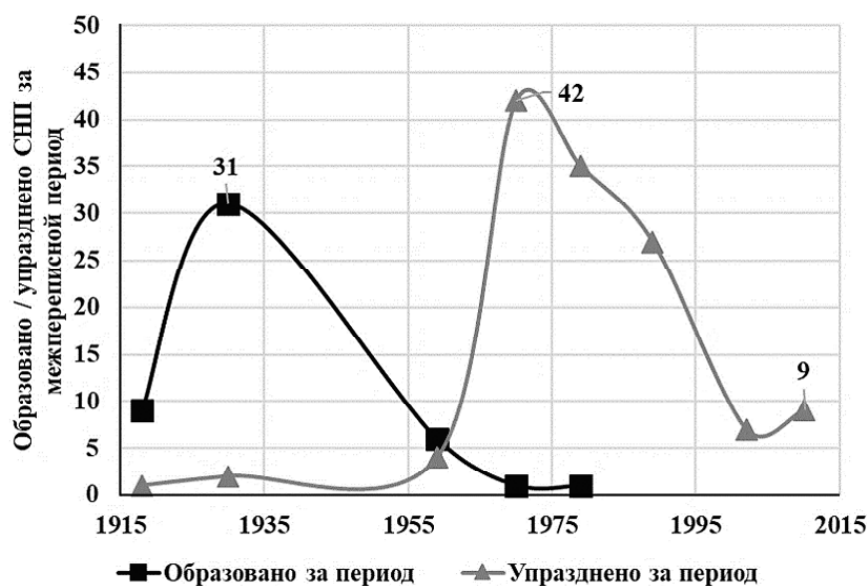


Рис. 1. Динамика количества образованных и упраздненных за соответствующие периоды сельских населенных пунктов, расположенных на современной территории Мари-Турецкого и Параньгинского районов в 1891–2010 гг.

Примечание: в качестве дат начала и окончания периодов образования/упразднения СНП рассматривались годы переписей населения 1959–2010 гг., а также 1891, 1918 и 1930 гг. *Источник:* составлено авторами по данным [Мари-Турецкий ..., 2019; Параньгинский ..., 2019; Ревизские ..., 2019; Старые карты ..., 2019]

Fig. 1. 1891–2010 dynamics of the number of rural settlements formed and extinct during the corresponding periods, within the modern territory of the Mari-Turekskiy and Paranginskiy districts

Таким образом, наиболее стремительное сокращение числа населенных пунктов в пределах районных систем расселения Мари-Турецкого и Параньгинского районов произошло за период 1959–1989 гг. В настоящее время темпы сокращения количества сельских населенных пунктов относительно замедленные – с 2002 по 2019 гг. их число уменьшилось на 8 (рис. 2).

Большинство существующих в настоящее время сельских населенных пунктов Мари-Турецкого и Параньгинского районов было образовано в XVIII в. (преимущественно марийские, в северо-западной части территории двух районов) и в XIX в. (русские и татарские, преобладают в центре и в юго-восточной части). Удмурты, согласно легендам, пришедшие на современную территорию Республики Марий Эл в 1795 г., компактно проживали на крайнем юго-востоке исследуемой территории [Бушков, 2017].

По состоянию на конец XIX в. на этой территории отсутствовали значительные различия в людности сельских населенных пунктов, около 2/3 которых составляли деревни и села численностью населения от 100 до 300 чел. Лишь 13 населенных пунктов имели численность населения, превышавшую 500 чел.

Сравнение рис. 3 и 4 показывает, во-первых, что за прошедшие 120 лет сельское расселение резко сократилось, а во-вторых, что это сокращение произошло прежде всего за счет русских СНП, число которых уменьшилось более чем в 3 раза. В наименьшей степени сократилось число марийских сел, а татарские занимают промежуточное положение.

Определение «типов колеи» (типов траекторий развития населенных пунктов). Для выявления траекторий развития СНП вначале выделим типы СНП, превращения которых будем изучать. В типологии СНП по С.А. Ковалеву [1963], общепринятой в 1960–1980 гг., главным считалось положение СНП во «внутрихозяйственных системах расселения» – совокупности СНП в пределах одного колхоза (совхоза): центральная усадьба, поселки отделений, бригад, поселки при фермах и жилые. С исчезновением этих форм организации сельского хозяйства, и с деагризацией сельской местности такая типология потеряла актуальность, и на первое место вышли такие факторы, как наличие трудоспособного населения и рабочих мест в СНП [Алексеев, Сафронов, 2017].

Но такая типология не дает возможности исследования изменений в иерархическом положении СНП за длительный период, не говоря уже об отсутствии соответствующей статистики. Поэтому нами было принято решение об использовании для этого информации о наличии в СНП учреждений сферы обслуживания, по которым есть данные за весь исследуемый период. В пользу этого говорит и такой факт, как резкое увеличение доли занятых в этой сфере: во многих, если не в большинстве СНП, большая часть рабочих мест (если они вообще имеются) сосредоточена именно в сфере обслуживания населения, при многократном сокращении рабочих мест в сельском хозяйстве.

По методике, разработанной А.А. Ткаченко с соавторами [Ткаченко с соавт., 2019], для оценки

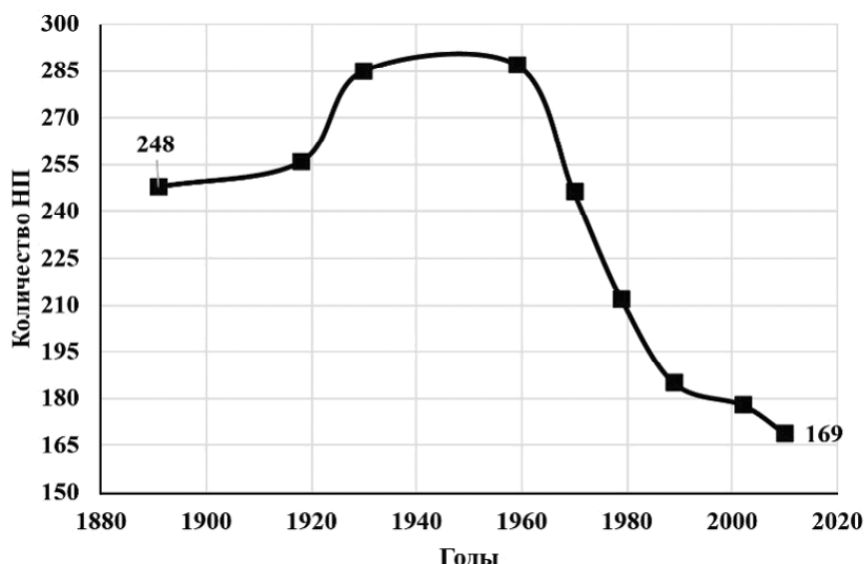


Рис. 2. Динамика количества населенных пунктов, расположенных на современной территории Мари-Турекского и Парангинского районов, в 1891–2010 гг. *Источник:* см. рис. 1

Fig. 2. 1891–2010 dynamics of the number of settlements within the modern territory of the Mari-Turekskiy and Paranginskiy districts

уровня развития сферы обслуживания в населенных пунктах в 1979 и 2019 гг. было выделено несколько классов центров обслуживания в соответствии с набором представленных в них учреждений. Населенный пункт условно считался центром в случае расположения в нем хотя бы одного предприятия обслуживания населения на низовом уровне. Всего было выделено 4 класса центров обслуживания, представленных в таблице.

При выделении классов *центров расселения* в отличие от классов центров обслуживания учитывался также фактор размещения в населенных пунктах администраций сельских поселений:

1 класс – центры расселения высшего уровня – центры сельских поселений с полным набором услуг;

2 – центры расселения выше среднего уровня – центры сельских поселений с неполным набором услуг и рядовые СНП с полным набором;

3 – центры расселения среднего уровня – центры сельских поселений с низовым набором услуг;

4 – центры расселения среднего уровня – рядовые СНП с неполным набором;

5 – центры расселения ниже среднего уровня – центры сельских поселений с элементарным набором или совсем без услуг и рядовые СНП с низовым набором услуг;

6 – центры расселения низшего уровня – рядовые СНП с элементарным набором услуг.

Сравнение существующего расселения с картиной 1891 г. показывает, что *населенные пункты, являвшиеся крупнейшими в 1891 г. либо обладавшие центральными функциями (центры волостей), как правило, сохранили доминирующее положение в системе расселения и на начало XXI в.*

Траектория развития массива населенных пунктов средней численности населения на конец XIX в. крайне неоднородна – в XX в. исчезали как населенные пункты на главных транспортных путях, так и деревни, поселки и села, расположенные на удалении от них.

Т а б л и ц а

Критерии выделения населенных пунктов – классов центров обслуживания населения

Класс центров обслуживания	Наименование класса центров обслуживания	Критерии выделения
1	Элементарный	Либо только магазин или ФАП, либо досуговое учреждение (СДК, сельский клуб, библиотека) и/или отделение связи, либо только НОШ
2	Низовой	ФАП, досуговое учреждение (СДК, сельский клуб, библиотека) и/или отделение связи и/или НОШ
3	Неполный	Либо школа (ООШ, СОШ), либо врачебное учреждение (амбулатория, больница)
4	Полный	Школа (ООШ, СОШ) и врачебное учреждение (амбулатория, больница)

Источник: составлено авторами.

Сокращения: ФАП – фельдшерско-акушерский пункт, СДК – сельский дом культуры, НОШ – начальная образовательная школа, ООШ – основная образовательная школа (8–9 лет), СОШ – средняя образовательная школа.

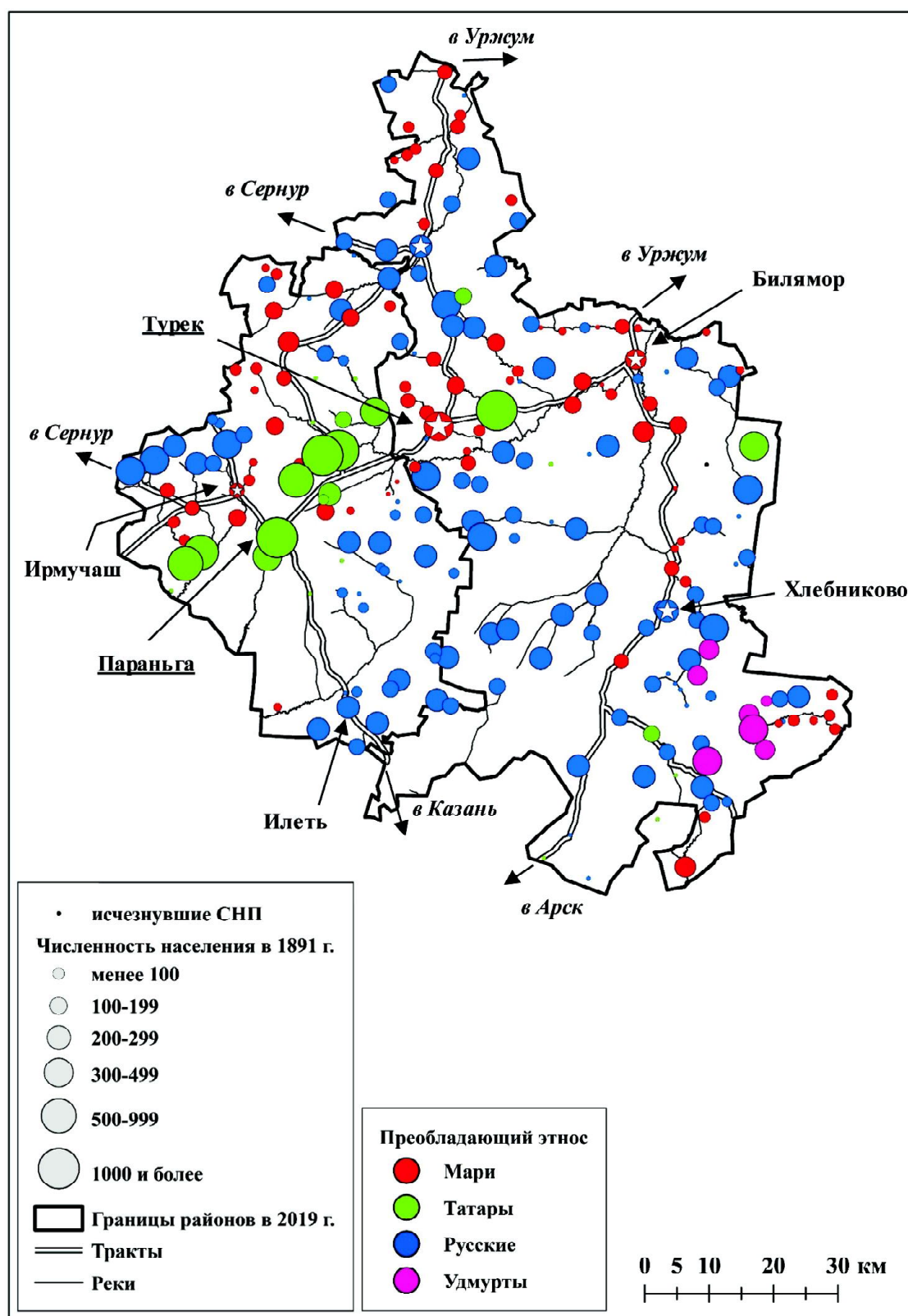


Рис. 3. Расселение на современной территории Мари-Турекского и Параньгинского районов по данным на конец XIX в. Знаком пятилучевой звезды обозначены центры волостей на 1891 г. *Источник:* составлено авторами по данным [Мари-Турекский ..., 2019; Параньгинский ..., 2019; Переписи ..., 2019]

Fig. 3. Settlements within the modern territory of the Mari-Turekskiy and Paranginskiy districts according to the data of the end of the 19th century

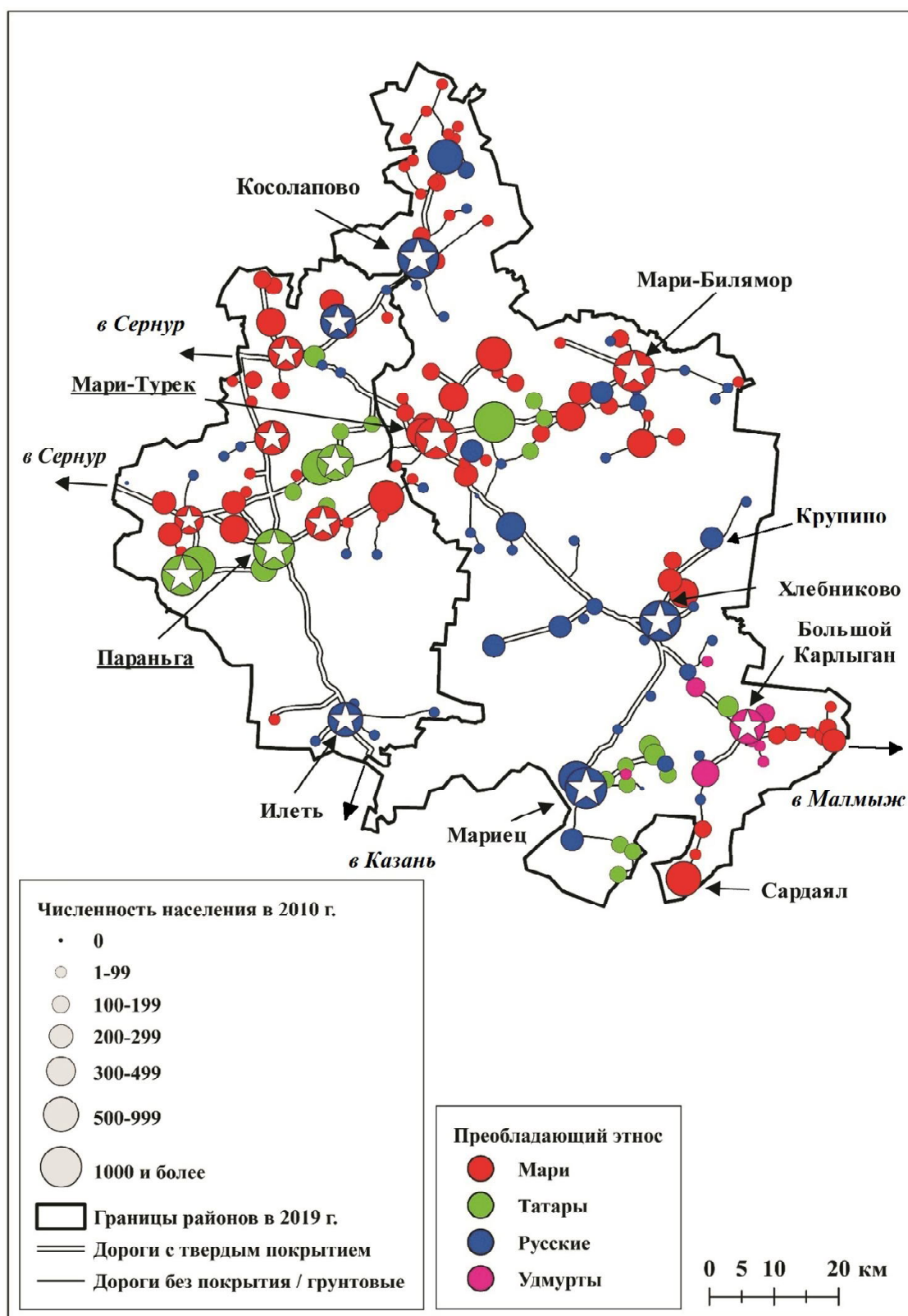


Рис. 4. Расселение на современной территории Мари-Турецкого и Параньгинского районов по данным 2010 г. Знаком пятилучевой звезды обозначены центры сельских и городских поселений в 2010 г. *Источник:* см. рис. 3

Fig. 4. Settlement pattern within the modern territory of the Mari-Turetskiy and Paranginskiy districts according to 2010 data

В свою очередь, подавляющее большинство населенных пунктов размером менее 100 чел. в XIX в. исчезло вовсе, преимущественно в 1960-е годы, когда имело место одно из проявлений многоуровневой миграции – «стягивание» населения в центральные усадьбы сельскохозяйственных предприятий [Демьянова, 2018].

Мы рассмотрим траектории развития населенных пунктов, обладавших с 1953 по 1991 гг. статусами административных и/или хозяйственных центров, начиная с 1979 г. Заметим, что колхозы и совхозы существовали во многих населенных пунктах, подвергаясь нескольким волнам укрупнения, начиная с 1930-х гг. Населенные пункты, являвшиеся хозяйственными центрами еще в довоенное время, условимся рассматривать как рядовые деревни, поселки и села по причине вероятного отсутствия у них отличительных черт на момент 1979 г. «Разжалованные» центральные усадьбы и центры сельских советов в 1953–1979 гг. либо находились в зоне влияния другой центральной усадьбы, либо, наоборот, были излишне удалены от основных транспортных путей, как бы «выпадая» из системы расселения. Притом для центров сельских советов, особенно лишившихся статуса в 1953–1964 гг., периферийность расположения была свойственна в большей степени.

Для удобства дальнейшего рассмотрения судьбы населенных пунктов – бывших центров расселения, они были объединены в 5 типов:

- I тип – Центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов (одновременно на момент 1979 г.) – 16 населенных пунктов;
- II тип – Центральные усадьбы колхозов и совхозов, но не центры сельских советов (на момент 1979 г.) – 8 населенных пунктов;
- III тип – Центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов, разжалованные с 1965 по 1974 гг. – 13 населенных пунктов;

• IV тип – Центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов, разжалованные с 1953 по 1964 гг. – 33 населенных пункта;

• V тип – Рядовые сельские населенные пункты, не являвшиеся в 1953 г. центрами колхозов и совхозов или центрами сельских советов – 156 населенных пунктов.

Центральные усадьбы, являвшиеся в позднесоветское время одновременно и центрами сельских советов, в 1979 г. преимущественно являлись неполными центрами, характеризующимися наличием всех рассматриваемых бюджетных учреждений сферы обслуживания населения за исключением участковых больниц. Врачебные амбулатории, в свою очередь, имелись лишь в бывших центрах административных районов – селах Косолапово и Хлебниково, уровень «центральности» которых несколько выше в сравнении с другими центрами сельских поселений.

На схеме рис. 5 и на аналогичных схемах далее отражено распределение населенных пунктов каждого рассматриваемого типа в зависимости от принадлежности к тому или иному классу обслуживания в 1979 и 2019 гг. соответственно. Кроме того, цифрами и стрелками указано количество населенных пунктов, сохранивших либо поменявших класс обслуживания. Соотношения толщины стрелок прямо пропорциональны различиям в числе населенных пунктов, для которых справедлив указанный вектор развития.

Как показывает рис. 5, СНП этого типа за 1979–2019 гг. в основном сохранили свое положение как центры расселения. Для большинства административно-хозяйственных центров в позднесоветское время свойственно наличие базового набора учреждений обслуживания населения, включая основную или среднюю общеобразовательную школу, в редких случаях – больничную амбулаторию. В то же время, для центров сельских советов характерна



Рис. 5. Траектории развития населенных пунктов – административно-хозяйственных центров в позднесоветское время
 Примечание: здесь и далее под наименованием статуса центров обслуживания в 2019 г., указана, во-первых, доля населения, проживавшего в них в 2010 г. от всего населения населенных пунктов рассматриваемого типа, а во-вторых, средняя людность в 2010 г.
 Источник: составлено авторами.

Fig. 5. The development trajectories of settlements which were administrative and economic centers in the late Soviet era

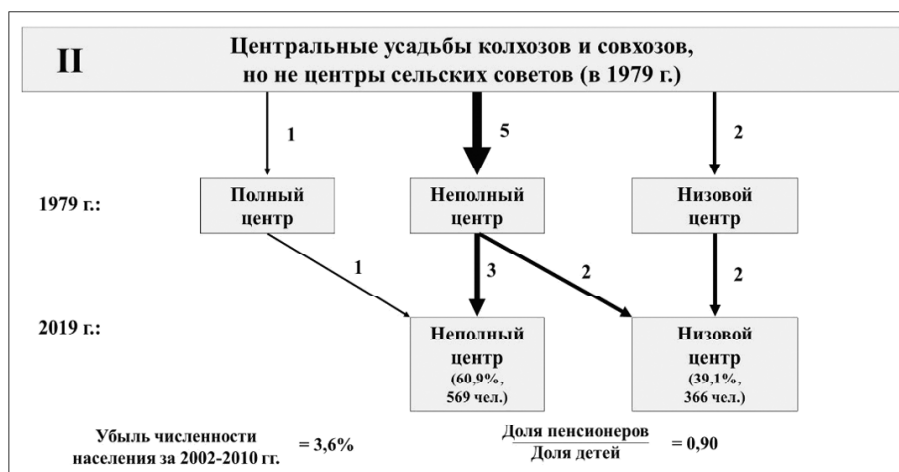


Рис. 6. Траектории развития «центральных усадеб» колхозов и совхозов, не являвшихся в 1979 г. центрами сельских советов
 Источник: составлено авторами

Fig. 6 The development trajectories of the «central estates» of collective farms and state farms which were not centers of the village councils in 1979

интенсивная депопуляция за последний межпереписной период – сокращение численности населения более чем на 13%, в том числе за счет убыли населения в центрах сельсоветов, лишившихся административных функций после муниципальной реформы.

Центральные усадьбы колхозов и совхозов, не являвшиеся в 1979 г. центрами сельских советов (рис. 6), на данный момент представлены 4 неполными (со школами, но без амбулаторий) и 4 низовыми центрами (без основных или средних общеобразовательных школ), притом для 3 населенных пунктов было отмечено понижение в классе (в деревнях Ирнур и Сенда – вследствие закрытия школ, в деревне Куянково – ввиду закрытия амбулатории).

В еще большей степени понижение в классе отразилось на административных и/или хозяйственных центрах, разжалованных в период с 1965 по 1974 гг. (рис. 7). Так, из 12 населенных пунктов

лишь половина к настоящему времени сохранила центральные функции, притом 5 из 6 населенных пунктов имели только магазины и, в редких случаях, сельские клубы и/или библиотеки.

На фоне всеобщего сокращения сети учреждений обслуживания населения выделяется марийская деревня Лопово – только пятый по численности населенный пункт Карлыганского сельского поселения Мари-Турекского района, в которой после 1979 г. были открыты ДК и Арборская ООШ. Повышение в классе обслуживания данного населенного пункта предположительно могло быть обусловлено периферийностью его расположения.

Заметим, что сразу 3 деревни перешли из категории низовых центров в категорию рядовых СНП, что отчасти является результатом их включения в программу ликвидации неперспективных деревень,

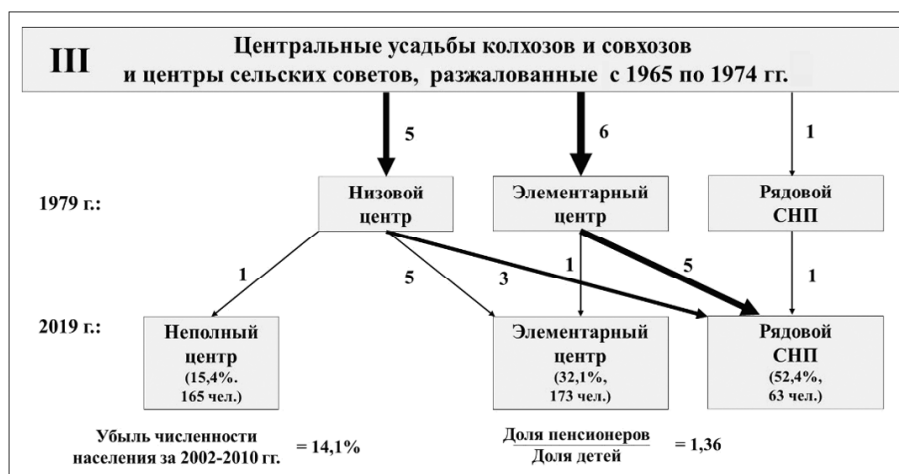


Рис. 7. Траектории развития центральных усадеб колхозов и совхозов и центров сельских советов, разжалованных с 1965 по 1974 гг.
 Источник: составлено авторами.

Fig. 7. The development trajectories of the «central estates» of collective farms and state farms and centers of the village councils, deprived from 1965 till 1974

несмотря на утраченный немногими годами ранее статус центров колхозов. Разжалованные за рассматриваемое десятилетие центральные усадьбы сельскохозяйственных предприятий и центры сельских советов преимущественно занимают подчиненное положение в пределах систем расселения. Так, лишь 4 из 12 населенных пунктов по численности населения в 2010 г. превышали 100 чел. В стольких же деревнях из числа рассматриваемых проживало менее 10 чел. В целом убыль численности проживавшего в 2010 г. в рассматриваемых деревнях населения составила 14%, несмотря на молодую возрастную структуру, обусловленную этнической спецификой деревень.

Как в 1979 г., так и сейчас большинство *центральных усадеб колхозов и совхозов и центров сельских советов, разжалованных в 1950-е – начале 1960-х гг.* (без учета временного укрупнения сельскохозяйственных предприятий во второй половине 1950-х гг.), занимают подчиненное положение в системах расселения (рис. 8). Однако, если в советское время количество центров расселения среди 33 населенных пунктов равнялось 20, то к настоящему моменту таковых населенных пунктов осталось лишь 5. В свою очередь, треть от числа населенных пунктов к 2010 г. исчезла, либо не имела населения.

В целом следует заметить, что центры расселения среди административных и хозяйственных центров, разжалованных в 1950–1960-е гг., встречаются в порядке исключений. В 17 из 22 существующих к настоящему моменту населенных пунктах рассматриваемой категории отсутствуют даже магазины. Заметим, что именно давно упраздненным центральным усадьбам и центрам сельских советов свойственна наибольшая убыль численности проживающего в них населения в период с 2002 по 2010 гг. – более чем на 18%.

Еще меньше доля центров обслуживания *среды поселений, не являвшихся в 1953–1964 гг. административными и/или хозяйственными центрами*

(рис. 9). Как и в случае с предыдущей категорией населенных пунктов, более трети из числа существовавших в 1979 г. деревень, поселков и сел к настоящему времени исчезло, а в 80 из 92 оставшихся отсутствуют магазины. Для рассматриваемых населенных пунктов свойственна огромная величина дифференциации как по людности, так и по относительной убыли численности населения за последний межпереписной период.

Таким образом, для каждой рассматриваемой категории сельских населенных пунктов, выделенных по принципу наличия административно-хозяйственных функций в различные исторические периоды, свойственна преобладающая принадлежность к определенным классам степени развития сферы обслуживания населения:

- центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов (одновременно на момент 1979 г.) – преимущественно неполные центры, обладающие базовым набором учреждений обслуживания населения, включая основную или среднюю общеобразовательную школу, в случаях бывших районных центров – и врачебную амбулаторию;

- центральные усадьбы колхозов и совхозов, но не центры сельских советов (на момент 1979 г.) – неполные и низовые центры с наличием домов культуры и фельдшерско-акушерских пунктов, как с наличием общеобразовательных и средних школ (в наиболее крупных населенных пунктах, а также в населенных пунктах – субцентрах в пределах сельских поселений), так и без них;

- центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов, разжалованные с 1965 по 1974 гг., – преимущественно рядовые сельские населенные пункты, реже – элементарные центры с наличием магазинов, учреждений культуры или ФАПов, в редких случаях – почтовых отделений;

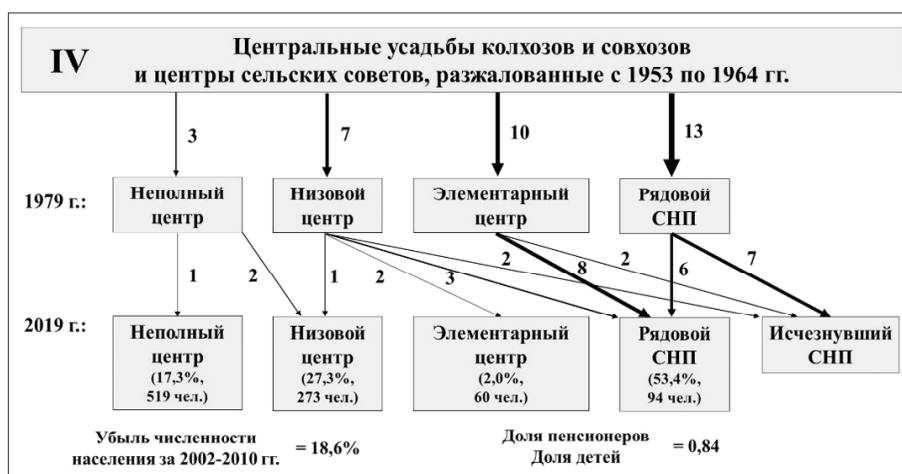


Рис. 8. Траектории развития центральных усадеб колхозов и совхозов и центров сельских советов, разжалованных с 1953 по 1964 гг.
Источник: составлено авторами

Fig. 8. The development trajectories of the «central estates» of collective farms and state farms and centers of the village councils, deprived from 1953 till 1964

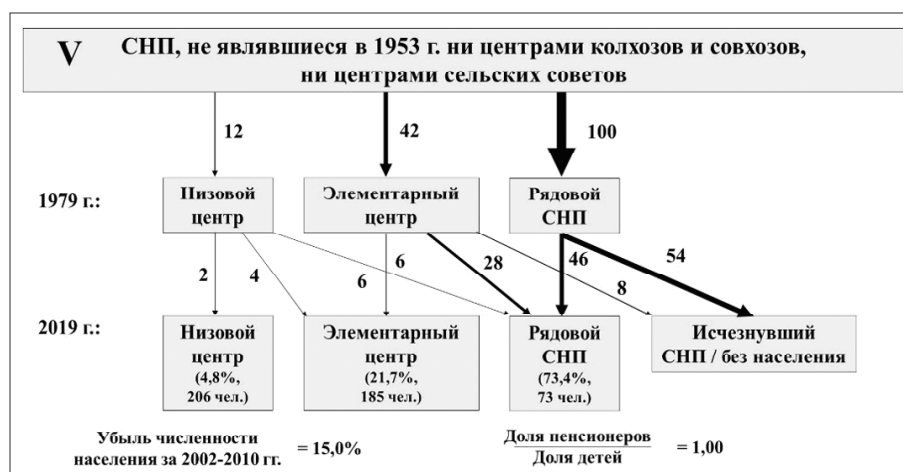


Рис. 9. Траектории развития сельских населенных пунктов, не являвшихся центральными усадьбами колхозов и совхозов или центрами сельских советов в 1953 г. *Источник:* составлено авторами

Fig. 9. The development trajectories of rural settlements which were not «central estates» of collective farms and state farms or centers of village councils in 1953

- центральные усадьбы колхозов и совхозов и центры сельских советов, разжалованные с 1953 по 1964 гг. – преимущественно рядовые сельские населенные пункты, не имеющие даже магазинов (около трети населенных пунктов рассматриваемой категории – исчезнувшие);

- сельские населенные пункты, не являвшиеся в 1953 г. центрами колхозов и совхозов или центрами сельских советов – рядовые сельские населенные пункты (87% от числа существующих, исчезнувшие населенные пункты составляют более 40% от числа деревень, поселков и сел рассматриваемой категории в 1979 г.).

Таким образом, наличие или отсутствие административных и/или хозяйственных функций населенных пунктов в советское время, а также периодичность их утраты в некоторой степени предопределяет уровень развития сферы обслуживания в них уже в настоящее время. Так, более или менее развитым сектором обслуживания населения, включающим как учреждения культуры, так и фельдшерско-акушерские пункты обладают деревни, поселки и села, являвшиеся на момент 1979 г. центральными усадьбами колхозов и совхозов, что справедливо и для существовавших на тот момент центров сельских советов. Сохранившиеся неполные и полные школы также располагаются в центральных усадьбах, существовавших на момент прекращения существования СССР.

В свою очередь, среди деревень, поселков и сел, не являвшихся центральными усадьбами колхозов и совхозов на момент 1979 г., к настоящему моменту центры расселения почти отсутствуют. Исключения составляют лишь населенные пункты, территориально отдаленные от центров сельских поселений, которые, являясь их субцентрами, сохранили сферу обслуживания в относительно неизменном виде.

Чем раньше СНП лишились административных и/или хозяйственных функций, тем больше среди них

доля исчезнувших СНП. Представленные результаты подтверждают выводы о важности статусов административных или хозяйственных центров для поддержания жизнеспособности населенных пунктов. Однако в настоящее время фактор существования сельскохозяйственного предприятия в населенном пункте утрачивает значимость.

Выводы:

- несмотря на то, что система расселения в пределах рассматриваемых районов на протяжении XX в. претерпевала значительную трансформацию, крупнейшие центры расселения преимущественно остались прежними: 4 из 5 волостных центров и по сей день являются центрами поселений;

- в конце XIX в. различия между СНП были невелики, подавляющая часть населения проживала в СНП людностью в 300–500 чел. К началу XXI в. поляризация населенных пунктов резко усилилась. Относительно крупные населенные пункты – центры сельских поселений с наличием учреждений здравоохранения и образования незначительно сократили численность населения. Большинство поселений с численностью населения менее 100 чел., исчезли;

- фактор существования в населенном пункте сельскохозяйственного предприятия, утрачивает значимость для поддержания его жизнеспособности в сравнении с позднесоветским временем. Это происходит как вследствие резкого сокращения количества рабочих мест, так и по причине незаинтересованности молодого поколения в трудоустройстве на сельскохозяйственных предприятиях;

- степень развития сферы обслуживания населения является одним из наиболее важных факторов поддержания жизнеспособности населенных пунктов. За 1979–2010 гг. можно выделить тенденцию менее активной депопуляции населенных пунктов с более разнообразным набором услуг, предоставляемых населению различными учреждениями

обслуживания. На территории двух рассматриваемых районов более половины населенных пунктов (88 из 163) не имели учреждений обслуживания (в т. ч. магазинов). Их существование поддерживалось наличием у жителей транспортных средств для закупок продовольствия в центрах сельских поселений или в районных центрах;

– в 1979–2019 гг. отмечено неустойчивое положение элементарных центров обслуживания, а также населенных пунктов, не имевших в 1979 г. мага-

зинов (почти половина из них прекратила существование). *Деревни, поселки и села, являвшиеся неполными или полными центрами обслуживания, как правило, сохранили класс центров обслуживания без изменений – сокращение сети бюджетных учреждений на них отразилось менее значительно.*

Таким образом, наибольшей депопуляции и сокращению числа учреждений обслуживания подверглись более мелкие населенные пункты, где и без того доступность услуг была очень плохой.

Благодарности. Постановка задачи и разработка методики выполнены в рамках ГЗ кафедры ЭиСГР «Социально-экономические факторы трансформации территориальной организации общества в России и сопредельных странах» (№ ЦИТИС АААА-А16-116032810087-1); сбор материала, его обработка и анализ выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-05-00394).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.И., Сафронов С.Г. Типология сельских населенных пунктов Европейской части России в современной демографической и социально-экономической ситуации // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2017. № 6. С. 55–61.

Аузан А.А. «Эффект колеи». Проблема зависимости от траектории предшествующего развития – эволюция гипотез // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Эконом. 2015. № 1. С. 3–17.

Берг Л.С. Аральское море: Опыт физико-географической монографии. СПб., 1908. 580 с.

Бушков Р.А. Рассвет земли О나라: историко-краеведческие очерки / Под ред. А.А. Бурханова, В.С. Соловьева. Казань: Институт истории им. Ш. Марджани АН РТ, 2017. 464 с.

Демьянова С.В. История исчезнувших селений Параньгинского района // Богатство финно-угорских народов. Материалы V Международного финно-угорского студенческого форума. 2018. С. 270–271.

Ковалев С.А. Сельское расселение (географическое исследование). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. 371 с.

Нуреев Р.М., Латов Ю.В. Россия и Европа: эффект колеи (опыт институционального анализа истории экономического развития). Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. 530 с.

Ткаченко А.А., Смирнов И.П., Смирнова А.А. Трансформация сети центров сельского расселения в низовом районе Центральной России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 2. С. 78–85.

Электронные ресурсы

Административно-территориальное деление Марийской АССР 1952–1986 гг. Родная Вятка. Краеведческий портал [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rodnaya-vyatka.ru/maratd/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Администрация МО «Мари-Турекский муниципальный район». Официальный интернет-портал Республики Марий Эл [Электронный ресурс]: URL: <http://www.mari-el.gov.ru/mturek/Pages/main.aspx> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Администрация МО «Параньгинский муниципальный район». Официальный интернет-портал Республики Марий Эл [Электронный ресурс]: URL: <http://www.mari-el.gov.ru/paranga/Pages/main.aspx> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

База данных «Этноязыковой состав населенных пунктов России» [Электронный ресурс]: URL: <http://www.lingvarium.org/russia/settlement-database.shtml> (Дата обращения 31.05–12.07.2019).

База данных показателей муниципальных образований. Федеральная служба государственной статистики РФ [Электронный ресурс]: URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Мари-Турекский район. Информационный ресурс Республики Марий Эл [Электронный ресурс]: URL: <https://www.12rus.ru/List/26/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Параньгинский район. Информационный ресурс Республики Марий Эл [Электронный ресурс]: URL: <https://www.12rus.ru/List/31/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Переписи населения Российской Империи, СССР, 15 новых независимых государств. Российский демографический барометр [Электронный ресурс]: URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Ревизские сказки и переписные книги Вятского края. Родная Вятка. Краеведческий портал [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rodnaya-vyatka.ru/censuses/> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Старые карты Республики Марий Эл. Старые карты городов России и зарубежья [Электронный ресурс]: URL: <http://www.retromap.ru/select.html#t=Марий%20Эл> (дата обращения 31.05–12.07.2019).

Поступила в редакцию 16.10.2019

После доработки 30.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

A.S. Chuchkalov¹, A.I. Alekseev²THE TRACK EFFECT IN THE EVOLUTION
OF RURAL SETTLEMENTS
IN THE REPUBLIC OF MARI EL*The village disappeared, only the track remained.
But at least you can get to the apiary*

Beekeeper from the Paranginsky district of Mari El, 2019

Patterns of the evolution of settlements network and changes of their functions were revealed through the analysis of peripheral territories of the Mari El Republic, for which unique data for each rural settlement were available since 1890. Until the middle of the 20th century the number of settlements was continuously increasing, and the maximum density was reached in the 1950s. Further the consolidation of collective farms and the policy of «elimination of unpromising settlements» led to almost half reduction of the network.

The most stable were the former volost centers, and the central estates of the collective farms of the late Soviet period – they all survived. But the settlements with 1979 population less than 100 inhabitants mostly disappeared. Settlements that were incomplete or complete service centers (in which there were both incomplete and complete schools and health care institutions) generally kept the class of service centers unchanged, because the reduction of the network of budgetary institutions affected them less significantly.

Key words: track effect, settlement evolution, rural settlements, service centers, Mari El

Acknowledgements. The problem statement and the methodology development have been carried out under the State task of the Department of Economic and Social Geography of Russia «Socio-economic factors of transformation of the territorial organization of society in Russia and neighboring countries» (CITIS AAAA-A16-116032810087-1). The collection of material, its processing and analysis were financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00394).

REFERENCES

- Alekseev A.I., Safronov S.G. Tipologija sel'skih naselennyh punktov Evropejskoj chaste Rossii v sovremennoj demograficheskoj i social'no-jeconomicheskoj situacii [Typology of rural settlements in the European part of Russia under recent demographic and socio-economic situation]. *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2017, no. 6, p. 55–61. (In Russian)
- Auzan A.A. «Jeffekt kolei». Problema zavisimosti ot traektorii predshestvujushhego razvitiya – jevoljucija gipotez [The track effect. Problem of dependence from the trajectory of previous development: evolution of hypotheses] // *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 6, Econom., 2015, no 1, p. 3–17. (In Russian)
- Berg L.S. Aral'skoe more: Opyt fiziko-geograficheskogo monografii. [The Aral Sea: An Attempt of a Physical-Geographic Monograph]. St. Petersburg, 1908, 580 p. (In Russian)
- Bushkov R.A. Rassvet zemli Onara: istoriko-kraevedcheskie ocherki [Dawn of the land of Onar: historical and local history essays]. Kazan, S. Marjani Institute of History, AN RT, 2017, 464 p. (In Russian)
- Demyanova S.V. Istoriya ischeznuvshikh selenii Paran'ginskogo raiona [The history of disappeared villages of the Paranginsky district]. *Bogatstvo finno-ugorskikh narodov. Materialy V Mezhdunarodnogo finno-ugorskogo studencheskogo foruma*. [Proceedings of the V International Finno-Ugric Student Forum: The wealth of Finno-Ugric peoples]. Yoshkar-Ola, 2018, p. 270–271. (In Russian)
- Kovalev S.A. Sel'skoe rasselenie (geograficheskoe issledovanie). [Rural settlement (geographical study)] Moscow, Moscow University Publ., 1963, 371 p. (In Russian)
- Nureev R.M., Latov Yu.V. Rossiya i Evropa: jeffekt kolei (opyt institucional'nogo analiza istorii ekonomicheskogo razvitiya). [Russia and Europe: the Track Effect (An attempt of institutional analysis of the history of economic development)]. Kaliningrad, Immanuel Kant Russian State University Publ., 2010, 530 p. (In Russian)
- Tkachenko A.A., Smirnov I.P., Smirnova A.A. Transformacija seti centrov sel'skogo rasselenija v nizovom rajone Central'noj Rossii. [Transformation of the network of rural settlement centers in a municipal district of Central Russia]. *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2019, no. 2, p. 78–85. (In Russian)
- Web sources**
- Administracija MO «Mari-Turekskij municipal'nyj rajon». Oficial'nyj internet-portal Respubliki MarijEl [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.mari-el.gov.ru/mturek/Pages/main.aspx> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)
- Administracija MO «Paran'ginskij municipal'nyj rajon». Oficial'nyj internet-portal Respubliki MarijEl [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.mari-el.gov.ru/paranga/Pages/main.aspx> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)
- Administrativno-territorial'noe delenie Marijskoj ASSR 1952–1986 gg. Rodnaja Vjatka. Kraevedcheskij portal [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.rodnaya-vyatka.ru/maratd> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)
- Baza dannyh «Etnojazykovoj sostav naselennyh punktov Rossii» [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.lingvarium.org/russia/settlem-database.shtml> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, student; e-mail: chuchkalov_sashka@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: alival@mail.ru

Baza dannyh pokazatelej municipal'nyh obrazovanij. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki RF [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Mari-Tureksij rajon/ Informacionnyj resurs Respubliki MarijJel [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.12rus.ru/List/26/> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Paran'ginskij rajon/ Informacionnyj resurs Respubliki Marij Jel [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.12rus.ru/List/31/> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Perepisi naseleniya Rossiiskoi Imperii, SSSR, 15 novykh nezavisimyykh gosudarstv. Rossiiskii demograficheskii barometr [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php/> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Revizskie skazki i perepisnye knigi Vyatskogo kraya. Rodnaya Vyatka. Kraevedcheskii portal [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.rodnaya-vyatka.ru/censuses/> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Starye karty Respubliki Marij Jel. Starye karty gorodov Rossii i zarubezh'ja [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.retromap.ru/select.html#t=Marij%20Jel> (access dates 31.05–12.07.2019). (In Russian)

Received 16.10.2019

Revised 30.10.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 911.373.4

К.В. Аверкиева¹

УЧАСТИЕ ГОРОЖАН В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ: ГОСТЕВЫЕ ДОМА НА РУССКОМ СЕВЕРЕ

В статье на примере пяти кейсов показаны варианты участия горожан – владельцев сельских гостевых домов или гостиниц – на развитие неаграрной функции сельской местности в староосвоенных регионах с наиболее сложными в Европейской России природными условиями и долговременной депопуляцией сельских территорий. Проведённые глубинные интервью и полевые наблюдения позволяют выделить несколько стратегий участия хозяев гостевых домов в развитии территорий, которые могут укладываться в институциональные рамки (механизм ТОС в Архангельской или «народный бюджет» в Вологодской областях, грантовые программы негосударственных фондов), а могут носить самостоятельный характер и базироваться исключительно на социальном капитале горожан, проживающих в сельской местности. Реализованные горожанами инициативные проекты развития сел не позволяют говорить о восстановлении экономической базы села, но они способствуют диверсификации сельской экономики и функций сельской местности в целом.

Ключевые слова: сельские гостевые дома, депопуляция, неаграрная функция сельской местности, сельский туризм, Русский Север

Введение. Во взаимодействии города с селом последнее традиционно играет функцию донора, поскольку дает весомый вклад в миграционный прирост городского населения, а также обеспечивает города различными ресурсами, от продовольственных до рекреационных. Тем не менее говорить об одностороннем поглощении городами ресурсов сельской местности не стоит. Постепенно происходит их перераспределение и в направлении села: не только за счет сезонных рекреантов (влияние которых на сельскую местность можно оценить двояко), но и за счет горожан, активно участвующих в сельской жизни, вкладывающих средства в развитие местной инфраструктуры, предлагающих неординарные варианты решения насущных сельских проблем. В рамках данного исследования на примере пяти сельских гостевых домов и гостиниц, владельцами которых являются горожане (или бывшие горожане) показывается, с помощью каких формальных и неформальных институтов городские жители участвуют в жизни сел и способствуют развитию неаграрной, непродовольственной функции сельской местности.

В российской экономической географии фокус рассмотрения сельско-городских взаимодействий постепенно трансформируется, и сегодня сосуществуют несколько подходов к изучению системы город–село. Города рассматриваются как центры обслуживания сельских территорий [Ткаченко с соавт., 2015] и как фокусы пространственной организации сельской местности [Июффе, Нефедова, 2003]. Авторы рассматривают наборы формальных и неформальных функций городов по отношению к сельскому окружению, рассчитывают радиусы влияния городов разного размера и рассуждают о дефиците городов людностью свыше 100 тыс. человек, что

ведет к нарастанию периферийности сельских территорий. Другой взгляд на сельско-городское взаимодействие – у демографов [Карачурина, Мкртчян, 2016]. В их работах города рассматриваются как центры притяжения сельского населения. Именно вследствие миграции из села в город темпы депопуляции в сельских районах оказываются столь высокими, аналогичная тенденция наблюдается и за рубежом [Pei-Ju Liao, Chong Kee Yip, 2018; Jankuiovsky, Chkareuli, 2019]. Современные публикации на эту тему объединяет факт совместного рассмотрения сельских и городских поселений, а новая типология сельской местности, предложенная в бюллетене ОЭСР [Rural 3.0, 2018], в качестве основного критерия опирается на удаленность сельских территорий от крупных городов.

Сравнительно новым подходом к изучению сельско-городского взаимодействия является анализ влияния городов на современное развитие сельских территорий посредством сезонного населения, городских дачников, которые, не будучи сельскими жителями, иногда деятельно включаются в решение проблем, инициируют различные проекты, дают работу местным жителям и способствуют поддержанию сельских культурных ландшафтов [Между домом ..., 2016; Нефедова с соавт., 2015]. В сезонной дачной миграции отдельные ученые готовы увидеть предпосылки к дезурбанизации, по аналогии с теми процессами, которые происходили в США во второй половине XX в. [Berry, 1976]. Постепенно появляются публикации, посвященные не только сезонным перемещениям из городов в сельскую местность, но и переезду из города в село (хотя авторы [Виноградская, 2019; Звягинцев, Неуважаева, 2018] не уточняют, меняют ли новые переселенцы прописку и фиксируются ли они статистикой, соот-

¹ ФГБУН Институт географии РАН, отдел социально-экономической географии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: k_averkieva@igras.ru

ветственно, могут ли они полноценно считаться мигрантами).

В рамках данного исследования предполагается расширить взгляд на сельско-городское взаимодействие и рассмотреть не столько городских дачников, влияющих на развитие сельских территорий, сколько жителей городов, которые, имея городские корни или даже сохраняя городскую прописку, активно включены в социально-экономические процессы сельской местности (таких горожан в датской публикации [Herslund, 2012] сравнивают с креативным классом).

Материалы и методы. Исследование базируется на проведенных глубинных интервью и серии натурных и маршрутных наблюдений в двух староосвоенных регионах – Вологодской и Архангельской областях – где проблемы сельской депопуляции стоят наиболее остро, отчего любые внешние силы в развитии сельской местности заметны особенно ярко. В фокусе исследования оказались сельские объекты размещения: гостевые дома и гостиницы, биографии и современная деятельность владельцев которых могут считаться отражением одного из современных процессов сельско-городского взаимодействия. Для полевых исследований были выбраны пять сельских объектов размещения в Вологодской (два гостевых дома в Тотемском и Верховажском районах) и Архангельской (два гостевых дома в Холмогорском и Мезенском районах и отель в Пинежском) областях. Выбирались такие гостевые дома, владельцы которых проживают или в прошлом проживали в городах. В рамках подготовки к полевому исследованию проводился анализ статистических материалов для первичной диагностики социально-экономического положения муниципальных районов и сельских поселений, где расположены гостевые дома, анализировались публикации в СМИ и материалы сайтов местных органов власти. В процессе полевого исследования проводились натурные наблюдения в населенных пунктах, где расположены объекты размещения, и глубинные полуструктурированные интервью с их владельцами, которые включали в себя экскурсии по объектам размещения и (при наличии) иным объектам сельской туристической инфраструктуры.

Результаты и обсуждение. *Старинное поморское село Кимжа находится в Мезенском районе Архангельской области.* Некогда местные жители занимались сельским хозяйством, лесным и морским промыслами, в советские годы здесь находилось отделение одного из мезенских колхозов, а в постсоветское время реальный сектор экономики сжался до индивидуальных подсобных хозяйств и промыслов, село стало терять жителей. Сегодня Кимжа известна как одно из наиболее гостеприимных сел Русского Севера, здесь находятся несколько гостевых домов, музеи, центр народных ремесел, трапезная, проходят ежегодные праздники, в том числе, посвященный кимженским ветряным мельницам – самым северным в мире. Кимжа входит в ассоциацию самых красивых деревень России. За

созданием столь обширной для села с постоянным населением около 70 человек инфраструктуры стоит сельский ТОС (территориальное общественное самоуправление – объединение жителей, позволяющее участвовать в конкурсах за дополнительные средства из районного и областного бюджетов на благоустройство села), который существует уже более 15 лет. Местный ТОС решает не только и не столько проблемы, которые не может решить сельская администрация (Кимжа не является центром сельского поселения, и отделена от него рекой Мезень, которая несколько месяцев в году является непреодолимой преградой), сколько способствует смене функций села и формированию туристической инфраструктуры. ТОС был основан уроженкой Кимжи, которая в молодости переехала в Северодвинск, и лишь в 1990-х гг. вернулась в родную деревню. В начале 2000-х гг. она стала работать в сельском доме культуры и задумалась о создании ТОС, поскольку иных инструментов сохранения села на тот момент практически не было.

С помощью грантовых проектов ТОС начал выкупать сельские дома и переоборудовать их под запросы туристов: появился гостевой дом, трапезная («кимженская паузна»), музей крестьянского быта, амбар, где хранятся резные обетные кресты, на базе упраздненной начальной школы возник сельский дом ремесел. Для сохранения мельниц был создан ландшафтно-музейный комплекс «Самые северные мельницы в мире», в одной из двух мельниц разместились музейная экспозиция. Кимженский туристский музейно-культурный центр (с 2016 г. все созданные в рамках ТОС объекты получили статус районных [Маркина, 2019]) дает 5–7 рабочих мест: местные жители готовят для гостей, убираются в гостевом доме, проводят экскурсии и мастер-классы в доме ремесел. Для Кимжи, где почти нет других официальных мест приложения труда, культурный центр остается основным работодателем, а возрастающая популярность Кимжи для туристов увеличивает спрос на новые объекты размещения и дополнительные услуги, которые могут оказывать жители села, не входящие в штат культурного центра.

Навыки проектной работы в рамках ТОС позволили его председателю участвовать и в других грантовых программах поддержки низовых инициатив. Так, в 2018 г. был получен президентский грант на поддержку научного общества изучения северных мельниц, в сельском доме культуры создается конференц-зал для проведения международных молинологических конгрессов.

Примечательно, что второй гостевой дом в Кимже, известный как «дом Нины Николаевны», устроен также бывшей жительницей города (Новодвинска), которая купила дом в деревне в 2008 г., после строительства дороги с усовершенствованным покрытием до Мезени, отремонтировала его и проводит там ежегодно теплый сезон и новогодние праздники, принимая гостей. Ее профессиональная деятельность была связана с приемом туристов, поэтому создание гостевого дома в Кимже стало

органичным дополнением к дачной жизни.

Аналогичная история создания гостевого дома в д. *Великий двор Ракульского сельского поселения Холмогорского района в Архангельской области*. Его основала жительница Архангельска, родители которой купили этот дом еще в 1970-х гг. как дачу. Постепенно они переехали в небольшой дом в этой же деревне, а массивный 2-этажный шестистенок уступили дочери, которая устроила в доме музей сельского быта и начала принимать гостей. Как работник культуры, хозяйка стала включаться в жизнь деревни, проводить мероприятия (грибной праздник осенью и гастрономический ежегодный фестиваль, который сначала был сельским, а потом приобрел районное значение). В 2015 г. жители Великого Двора уговорили ее возглавить сельский ТОС, хотя и до официального статуса председателя все проекты (ТОС с 2010 г. осуществляет свою деятельность в Великом Дворе и соседнем лесосплавном поселке Зеленый городок) были разработаны именно хозяйкой гостевого дома. Председателями ТОС де-юре могут являться только прописанные на территории граждане, поэтому хозяйка гостевого дома ежегодно делает сезонную летнюю прописку в Великом Дворе.

В отличие от ТОС в Кимже, где проекты направлены на сохранение архитектурных памятников и развитие сельского туризма, ТОС в Великом Дворе работает над проектами по благоустройству села и решению насущных проблем: строительство пешеходного моста на дороге между Великим Двором и Зеленым городком, обустройство родника и создание пешеходных мостков, реконструкция общественного колодца, ремонт водонапорной башни, строительство летней сцены. При этом в д. Великий Двор из примерно 30 дворов круглогодично обитаемы всего 3–4, а остальные – только сезонно, что не мешает жителям деревни активно участвовать в грантовых программах ТОС и разрабатывать проекты, направленные на ее развитие.

Сельский гостевой дом в с. *Шелота Верховажского района Вологодской области* был создан в 2018 г. Инициаторами создания выступили сотрудники администрации сельского поселения, в числе которых жительница Санкт-Петербурга, несколько лет проживающая в Шелотах. Для размещения гостей ежегодных керамических фестивалей, которые она проводит, требовались новые мощности. Селить всех в избах организаторов фестиваля стало невозможно, тем более что фестивали проходят с участием зарубежных гостей (в 2017 г. – из Германии, в 2018 г. – из Ливана, в 2019 г. – из США), которые хотели бы жить отдельно от хозяев. В Шелотах, как и в двух рассмотренных выше случаях, гостевой дом – лишь один из элементов включения их хозяев в развитие села. Организатор фестивалей переехала в Шелотское поселение в 2016 г. вместе с сыном-школьником из Санкт-Петербурга. По образованию она – геолог, по профессии – бухгалтер, а по призванию – гончар. Переезду из крупного города в село способствовало наличие уже сложившегося

сообщества «переселенцев» из Москвы и Санкт-Петербурга, сформировавшегося в Верховажском районе за последние 15 лет. Среди переселенцев – семья московских предпринимателей, также создавших гостевой дом в Верховажском районе, художник с женой, петербургский фермер, переехавший из крупного города старообрядец, создающий музей конного дела в соседнем селе. Гостеприимные местные жители и круг новых переселенцев привлекли в Шелота и петербурженку-гончара. Она решила остаться, купила старинный дом около храма, устроилась на работу в сельскую администрацию и начала воплощать свои идеи развития села: изготавливает специальные кирпичи для реставрации храма и организует сбор средств для дальнейших реставрационных работ, планирует проводить певческие фестивали на втором этаже храма, помогает главе сельского поселения находить дополнительные средства, поскольку бюджет поселения, как и многих других, дефицитный, не позволяющий решать даже самые насущные вопросы.

В Вологодской области, в отличие от соседней Архангельской, ТОС как инструмент сельского развития используется очень редко, лишь в отдельных районах. Чаще небольшие инициативные проекты поддерживаются в рамках механизма «Народный бюджет», который начал реализовываться в области в 2013 г. Этот механизм является одним из вариантов партисипаторного бюджетирования. В Шелотском сельском поселении реализация программы «Народный бюджет» началась в 2018 г., проекты двух лет – это решение текущих потребностей (две детские площадки, костюмы для артистов ДК, инвентарь для стадиона), однако такие задачи кажутся хозяйке гостевого дома недостаточно масштабными и не способными вдохнуть жизнь в куст сел Шелотского сельского поселения. В 2019 г. она уходит из сельской администрации и создает автономную некоммерческую организацию (АНО), чтобы иметь возможность участвовать в конкурсах проектов различных фондов и подавать заявки на негосударственные конкурсы инициативных проектов. Вне институционального поля остаются и другие ее инициативы: жители Шелот начали сортировать мусор; пластик и макулатуру она самостоятельно вывозит в Вологду на переработку. Из Санкт-Петербурга привозит собранную знакомыми одежду для сельского секонд-хенда, а неликвидные вещи местные мастерицы распускают на лоскутки и ленточки для дома ремесел. Содействие реставрации храма также проходит вне институционального поля, поскольку осуществляется на спонсорские средства.

Село Никольское Тотемского района Вологодской области. В Тотемском районе, где уже давно освоены навыки привлечения внебюджетных средств для реализации различных проектов, также существует гостевой дом, устроенный жителями крупного города. В Толшменском поселении, на юге района у границы с Костромской областью, находится народно-просветительский центр «Бирюзовый дом», основанный супругами, которые до переезда в Никольское

жили в Зеленограде. «Бирюзовый дом» совмещает в себе функции сельского гостевого дома и просветительского центра. Село Никольское известно как место, где прошло детство поэта Н. Рубцова, поскольку здесь находился детский дом, куда поэта эвакуировали в годы Великой Отечественной войны. Н. Рубцов считал Никольское своей малой родиной и неоднократно возвращался в село в зрелые годы. В начале 1990-х гг. в здании детского дома был создан мемориальный музей, а в начале 2000-х гг. в село приехала семейная пара из Зеленограда для работы над «фототюдями» по стихам Н. Рубцова. Они неоднократно возвращались в село и постепенно выкупили здание одного из корпусов земской больницы, отреставрировали и создали в 2012 г. на его базе «Бирюзовый дом», имеющий одновременно статус АНО и народно-просветительского центра. Супруги перебрались в Никольское на постоянное место жительства.

Деятельность «Бирюзового дома» не ограничивается популяризацией творческого наследия Н. Рубцова и благоустройством «Рубцовских мест» (создание информационных стендов, маркировка маршрутов по знаковым точкам села и окрестностей, реставрация зданий, связанных с жизнью Рубцова в Никольском). Ежегодно проводится цикл мероприятий, собирающих здесь почитателей поэта и всех, кто интересуется историей Толшменского края («Рубцовские чтения» зимой, «Рубцовский костер» летом, «Рубцовская осень» и др.). Хозяева «Бирюзового дома» в 2012–2018 гг. инициировали ряд экспедиций по р. Толшме, по итогам которых были изданы несколько книг (иллюстрированный фотопутеводитель по Толшме [Толшма ..., 2019], сборники краеведческих статей и воспоминаний жителей села). В планах – воссоздание культурного ландшафта села, чтобы его вновь окружали возделанные поля, а на лугах в пойме реки снова паслись лошади. Для этого уже налажено взаимодействие с Тотемским индустриальным колледжем. В 2019 г. это ограничилось небольшим вспаханным полем и осенним праздником «Дожинки», но нельзя исключить более масштабных сельскохозяйственных работ, тем более что земли бывших сельскохозяйственных предприятий Толшменского сельского поселения сейчас находятся в стадии оформления и передачи новому инвестору.

На реализацию проектов привлекаются различные средства. Так, экспедиции и издание нескольких книг были профинансированы из фонда Президентских грантов, поскольку «Бирюзовый дом» выиграл в конкурсе 2018 г. Некоторые мероприятия финансирует Тотемское музейное объединение, привлекаются и спонсорские средства. Небольшую финансовую отдачу дает и гостевой дом, поскольку туристы приезжают в Никольское вопреки отсутствию асфальтированной дороги и тупиковому положению. Всего в 20 км от села находится древний Солигалич, который постепенно набирает популярность для самостоятельных путешественников, но добраться туда можно только по ненадежному зимнику. В «Бирюзовом доме» ежегодно останавливаются ху-

дожники, приезжающие в Никольское на пленэр, на его базе проходит летний экспедиционный лагерь «Школа русского слова». Как в случае рассмотренных выше примеров, хозяйка гостевого дома является не единственной (бывшей) жительницей города, которая содействует развитию села. Так, музею Н. Рубцова постоянно помогает семья из Санкт-Петербурга, а во многих мероприятиях «Бирюзового дома» охотно участвуют сезонные жители Никольского.

В пос. Голубино Пинежского района Архангельской области расположен сельский отель, хотя официально он называется «лесной отель Голубино». От ближайших городов – Архангельска и Новодвинска – он удален почти на 200 км, от поселка Пинега – на 15. «Голубино» в современном виде существует только 5 лет, хотя туристическая база в этом месте имеет более продолжительную историю. Наиболее важным для данного исследования, является то, что директором отеля является уроженка Пинеги, успевшая вместе с семьей переехать в Архангельск, но вернувшаяся обратно, чтобы заниматься отелем и искать возможности через популяризацию туризма на Пинежье содействовать развитию этих территорий. Сельская местность в Пинежском районе почти утратила аграрную функцию, остаются лесохозяйственная и природоохранная, которые в современных условиях дают пинежанам лишь небольшое количество рабочих мест. Тем не менее здесь нет сильной депопуляции, а сезонное население способствует поддержанию сельских домов и культурного ландшафта сел (подобная ситуация складывается в д. Кузрека Мурманской области [Савоскул, Алексеев, 2019]). Природное (в первую очередь Пинежский заповедник) и культурное наследие (деревянная архитектура и нематериальная культура Русского Севера) привлекают сюда путешественников. В то же время от трассы М8, как и от Архангельска, нет асфальтированной дороги, есть перебои с мобильной сетью и Интернетом, множество других деталей, связанных с удаленностью и отсутствием надежного круглогодичного транспортного сообщения, не позволяют развиваться ни отелю, ни всем окрестным территориям.

Сейчас отель дает работу двум десяткам местных жителей, время от времени с туристами работают гораздо больше пинежан, поскольку количество маршрутов и туристических программ ежегодно увеличивается, туристов возят даже за 300 км до Кимжи. Совместно с дирекцией Пинежского заповедника отель вкладывает средства в развитие туристической инфраструктуры на разрешенных для посещения территориях. Семья директора отеля добила прокладки оптоволоконного кабеля для устойчивой связи Интернет, по ее инициативе проходят краеведческие чтения, ведется исследовательская работа. В августе 2019 г. прошли «Дежневские чтения», посвященные уточнению места рождения С.И. Дежнева и желанию жителей Пинежья конкурировать с Великим Устюгом за право

использования имени первопроходца в брендинге территорий. Руководство отеля создало на его базе ассоциацию «Голос Севера», которая в 2019 г. выиграла грант Президента РФ на разработку концепции создания в пос. Пинега и пос. Голубино Пинежского района дестинации, способствующей восстановлению исторической памяти.

Рассмотренные примеры показывают, насколько

ко разными бывают механизмы участия нынешних и бывших горожан в развитии сельских территорий, но их объединяет то, что деятельность хозяев гостевых домов направлена не столько на развитие собственного бизнеса, сколько на решение широкого круга проблем сельских территорий. Сравнительный анализ исследованных кейсов приведен в **таблице**.

Выводы:

Т а б л и ц а

Сравнительный анализ горожан – владельцев сельских объектов размещения и участвующих в развитии сельской местности

Местоположение	Миграционная предыстория основателя	Прописка/регистрация основателя	Формы участия в развитии сельской местности	Основные направления деятельности	Источники средств на реализацию проектов
с. Кимжа, Мезенский район Архангельской области	Кимжа – Северодвинск – Кимжа	с. Кимжа	Возглавляет ТОС как инструмент развития сельского туризма и сохранения культурного наследия села	Сохранение архитектурного облика села. Сохранение и возрождение народных ремесел. Создание новых туристических объектов.	Средства регионального и муниципального бюджетов в сочетании с собранными с жителей взносами в рамках ТОС. Средства фондов.
д. Великий Двор, Холмогорский район Архангельской области	Архангельск	г. Архангельск и сезонная регистрация в д. Великий Двор	Возглавляет ТОС как инструмент для решения текущих проблем села, его благоустройства. Сельский туризм – индивидуальный бизнес	Развитие сельского событийного туризма. Благоустройство села и вовлечение жителей в мероприятия по благоустройству.	Средства регионального и муниципального бюджетов в сочетании с собранными с жителей взносами в рамках ТОС.
с. Шелота, Верховажский район Вологодской области	Санкт-Петербург – Шелота	временная регистрация в с. Шелота	Руководит АНО для участия в грантовых конкурсах, привлечение спонсоров и меценатов, индивидуальные проекты помощи селу	Развитие событийного туризма. Сплочение сельского сообщества. Формирование эколого-ориентированного поведения местных жителей. Поддержка и восстановление ремесел	Средства регионального и муниципального бюджетов в сочетании с собранными с жителей взносами в рамках Народного Бюджета. Спонсорские средства. Личные средства
с. Никольское, Тотемский район Вологодской области	Алтайский край – Москва – Зеленоград – Никольское	временная регистрация в с. Никольское	Руководит АНО как участник грантовых программ, создание ряда регулярных мероприятий для привлечения потока гостей в Никольское	Формирование бренда территории. Реконструкция культурного ландшафта села, формирование мемориальной инфраструктуры. Общественно-просветительская деятельность	Средства государственных и негосударственных фондов. Личные средства
пос. Голубино, Пинежский район Архангельской области	Пинега – Архангельск – Пинега	пос. Пинега	Выделяет средства на проекты развития туризма совместно с Пинежским заповедником, фонд «Голос Севера» для привлечения внимания к проблемам развития труднодоступных территорий	Вложения в создание туристической инфраструктуры. Общественно-просветительская деятельность	Личные средства. Средства государственных фондов

– переезд сельских жителей в города – это не необратимое явление. Деятельно включиться в развитие села могут и вернувшиеся молодые пенсионеры, и молодые семьи, готовые заниматься интересным делом. Горожане (вне зависимости от прописки) могут влиять на современное развитие деревни, особенно в тех районах, где восстановление аграрной функции маловероятно;

– бывшие или сохранившие городскую прописку горожане развивают собственные идеи о непроизводственном развитии сел, находят средства на развитие туристической инфраструктуры, сохранение объектов культурного (материального и нематериального) наследия, вовлекаются в проекты благоустройства сел. Их деятельность может вписываться в региональные институциональные рамки (ТОС в Архангельской области, «Народный бюджет» в Вологодской), получать

поддержку от государственных и негосударственных фондов. Владельцы сельских гостевых домов вкладывают личные средства и способствуют привлечению спонсоров к участию в решении задач, как правило, выходящих за рамки развития непосредственно сельских объектов размещения туристов;

– развитие сельского туризма создает новый образ сельской местности, который может привлечь переселенцев или способствовать возвращению тех, кто давно перебрался в город. Тиражирование рассмотренного опыта зависит от региональной специфики, поскольку Архангельская и Вологодская области выделяются на фоне других староосвоенных регионов Нечерноземья высокой активностью сельского населения и накопленным опытом реализации низовых инициатив.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00394) и РНФ (проект № 19-17-00174).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Виноградская О.Я. Отчего горожане едут в деревню: феноменология и практика // Крестьяноведение. 2019. Том 4. № 3. С. 140–155.

Звягинцев В.И., Неуважаева М.А. Переселенцы из города в сельскую местность: феномен «обратной миграции» в современной России // Мир России. 2015. № 24. С. 101–135.

Иоффе Г.В., Нефедова Т.Г. Фрагментация сельского пространства России // Вестник Евразии. 2003. № 4. С. 69–92.

Карачурина Л.Б., Мкртчян Н.В. Роль миграции в усилении контрастов расселения на муниципальном уровне России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 5. С. 46–59.

Маркина А. Евдокия Репицкая: не люблю ходить по асфальту // Достояние Севера. 2019. № 1(15). С. 42–45.

Между домом и ... домом. Возвратная пространственная мобильность населения России / Под ред. Т.Г. Нефедовой, К.В. Аверкиевой, А.Г. Махровой. М.: Новый Хронограф, 2016. 504 с.

Нефедова Т.Г., Покровский Н.Е., Трейвиш А.И. Урбанизация, дезурбанизация и сельско-городские сообщества в условиях горизонтальной мобильности // Социологические исследования. 2015. № 12(380). С. 60–69.

Савоскул М.С., Алексеев А.И. Сельско-городские сообщества в официально несуществующем населенном пункте // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2019. № 4. С. 119–123.

Ткаченко А.А., Смирнов И.П., Фомкина А.А. Подходы к оценке территориально-урбанистической структуры нестоличных областей центральной России // Региональные исследования. 2015. № 4(50). С. 105–112.

Толшма: от устья к истокам: альбом-путеводитель / М.Н. Кошелева, А.В. Кошелев; АНО «Бирюзовый дом». Вологда: Древности Севера, 2019. 136 с.

Berry B.J.L. The Counterurbanisation Process: Urban America since 1970. *Urban Affairs Annual Reviews*, 1976, no. 11, p. 17–30.

Herslund L. The Rural creative class: Counterurbanisation and entrepreneurship in the Danish countryside. *Sociologia ruralis*, 2012, vol. 52, no. 2, p. 235–255.

Электронные ресурсы

Jankuiovsky N., Chkareuli V. Agricultural transformation and rural-urban migration. *Ecoforum*, 2019, vol. 8, Issue 1 (18). [Электронный ресурс]: URL: https://www.researchgate.net/publication/331326838_Agricultural_Transformation_and_Rural-Urban_Migration (дата обращения 14.10.2016).

Pei-Ju Liao, Chong Kee Yip. Economics of rural-urban migration. *Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance*, 2018. DOI: 10.1093/acrefore/9780190625979.013.153.

Rural 3.0. A framework of rural development. OECD, 2018, [Электронный ресурс]: URL: <https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/Rural-3.0-Policy-Note.pdf> (дата обращения 14.10.2016).

Поступила в редакцию 16.06.2019

После доработки 15.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

K.V. Averkieva¹

PARTICIPATION OF URBAN DWELLERS IN THE COUNTRYSIDE DEVELOPMENT: RURAL GUESTHOUSES IN THE RUSSIAN NORTH

Basing on five case studies, the article describes possible contribution of urban dwellers, owners of rural guesthouses or hotels, to the development of non-agricultural functions of the countryside in old-developed regions characterized by less favorable natural conditions in European Russia and the long-term depopulation of rural areas. In-depth interviews and field observations allow identifying several strategies for the participation of guesthouse's owners in the development of territories. The strategies could either fit into the institutional framework (the TOS mechanism in the Arkhangelsk oblast or the «Public budget» in the Vologda oblast, grant programs of non-governmental funds etc.), or remain independent basing solely on the social capital of urbanites living in rural areas. Pilot rural development projects implemented by the urbanites are far from supporting the restoration of the rural economic basis, but they contribute to the diversification of rural economy and rural functions in general.

Key words: rural guesthouses, depopulation, non-agrarian rural function, rural tourism, Russian North

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00394) and the Russian Science Foundation (project № 19-17-00174).

REFERENCES

- Berry B.J.L. The Counterurbanisation Process: Urban America since 1970. *Urban Affairs Annual Reviews*, 1976, no. 11, p. 17–30.
- Herslund L. The Rural creative class: Counterurbanisation and entrepreneurship in the Danish countryside. *Sociologia ruralis*, 2012, vol. 52, no. 2, p. 235–255.
- Ioffe G.V., Nefedova T.G. Fragmentatsiya sel'skogo prostranstva Rossii [Fragmentation of the Rural Space of Russia]. *Vestnik Evrazii*, 2003, no. 4, p. 69–92. (In Russian)
- Karachurina L.B., Mkrtchyan N.V. Rol' migratsii v usilenii kontrastov rasseleniya na munitsipal'nom urovne Rossii [Role of Migration in Enhancing Contrasts of Settlement Pattern at the Municipal Level in Russia]. *Izvestiya RAN, Seriya geograficheskaya*, 2016, no. 5, p. 46–59. (In Russian)
- Markina A. Evdokiya Repitskaya: ne lyublyu hodit' po asfaltu [Evdokiya Repitskaya: I don't like walking on asphalt]. *Dostoyanie Severa*, 2019, no. 1(15), p. 42–45. (In Russian)
- Mezhdum domom i ... domom. Vozvratnaya prostranstvennaya mobil'nost' naseleniya Rossii [Between home and ... home. The return spatial mobility of population in Russia] Ed. T.G. Nefedovoy, K.V. Averkievoy, A.G. Makhrovoy, Moscow, Novyy Khronograf Publ., 2016, 504 p. (In Russian)
- Nefedova T.G., Pokrovskiy N.Ye., Treyvish A.I. Urbanizatsiya, dezurbanizatsiya i sel'sko-gorodskiy soobshchestva v usloviyakh gorizonta'noy mobil'nosti [Urbanization, deurbanization and rural-urban communities under horizontal mobility]. *Sotsiologicheskiye issledovaniya*, 2015, no. 12(380), p. 60–69. (In Russian)
- Savoskul M.S., Alekseyev A.I. Sel'sko-gorodskiy soobshchestva v ofitsial'no nesushchestvuyushchem naselennom punkte [Rural-urban communities in officially «non-existent» settlement]. *Vest. Mosk. Un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2019, no. 4, p. 119–123. (In Russian)
- Tkachenko A.A., Smirnov I.P., Fomkina A.A. Podkhody k otsenke territorial'no-urbanisticheskoy struktury nestolichnykh oblastey tsentral'noy Rossii [The approaches to assessment of the territorial-urban structure of non-capital Central Russia regions]. *Regional'nyye issledovaniya*, 2015, no. 4(50), p. 105–112. (In Russian)
- Tolshma: ot ust'ya k istokam: al'bom-putevoditel' [Tolshma: from the mouth to the sources: an album-guidebook] Ed. M.N. Kosheleva, A.V. Koshelev; ANO «Biryuzovyy dom», Vologda, Drevnosti Severa Publ., 2019, 136 p. (In Russian)
- Vinogradskaya O.Ya. Ot-chego gorozhane yedut v derevnyu: fenomenologiya i praktika [Why do urban dwellers move to the village: phenomenology and practice]. *Krest'yanovedenie*, 2019, vol. 4, no. 3, p. 140–155. (In Russian)
- Zvyagintsev V.I., Neuvazhayeva M.A. Pereselentsy iz goroda v sel'skuyu mestnost': fenomen «obratnoy migratsii» v sovremennoy Rossii [Migration from urban to rural areas: a phenomenon of «counter-urbanisation» in modern Russia]. *Mir Rossii*, 2015, no. 24, p. 101–135. (In Russian)
- Web resources**
- Jankuiovsky N., Chkareuli V. Agricultural transformation and rural-urban migration. *Ecoforum*. 2019. Vol. 8. Issue 1 (18), URL: https://www.researchgate.net/publication/331326838_Agricultural_Transformation_and_Rural-Urban_Migration (access date 14.10.2016).
- Pei-Ju Liao, Chong Kee. Yip Economics of rural-urban migration. Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance, 2018. DOI: 10.1093/acrefore/9780190625979.013.153.
- Rural 3.0. A framework of rural development, OECD, 2018, URL: <https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/Rural-3.0-Policy-Note.pdf> (access date 14.10.2016).

Received 16.06.2019

Revised 15.10.2019

Accepted 01.11.2019

¹ Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Department of Socio-Economic Geography, Senior Scientific Researcher, PhD in Geography; e-mail: k_averkieva@igras.ru

УДК 910.3

И.С. Тихоцкая¹, В.И. Боратинский²

ТИПОЛОГИЯ ГОРОДСКИХ ЗОН ЗАНЯТОСТИ В ЯПОНИИ

По мере развития урбанизации образуются такие формы расселения, как городские агломерации и подобные им образования с более широким спектром функций и более сложной структурой, примером которых являются предложенные японскими учеными городские зоны занятости (ГЗЗ). На примере ГЗЗ Японии, одной из самых урбанизированных стран мира, нами разработана основанная на кластерном анализе методика их исследования, и проведена типологизация. Показано, что большинство ГЗЗ Японии представляют собой развитые городские образования с обширными пригородами, темпы прироста населения в которых обусловлены общей демографической ситуацией в соответствующей префектуре, а также расположением по отношению к более крупным экономическим центрам. Подтверждена гипотеза о корреляции определенных количественных показателей и некоторых качественных особенностей ГЗЗ. Анализ типологии ГЗЗ Японии позволил определить формирующиеся новые крупные городские образования, способные изменить территориальную структуру экономики регионов, оценить их пространственную конфигурацию и потенциальное население.

Ключевые слова: городские агломерации, городские зоны занятости, Япония, кластеры, типология, индекс агломеративности

Введение. Япония – одна из самых урбанизированных стран мира: 94% населения проживает в городах. Там находится самый многонаселенный мегаполис мира – Токайдо (более 65 млн человек), крупнейшая в мире Токийская агломерация (около 40 млн человек) и один из крупнейших глобальных городов мира, неизменно входящий в группу альфа – Токио, насчитывающий более 9 млн жителей [Тихоцкая, Шарыпин, 2008; Japan Statistical Yearbook, 2019].

Городское пространство в Японии, безусловно, является главной ареной жизнедеятельности общества, однако в юридических границах города происходит лишь часть социально-экономических процессов и явлений, характерных для городской среды. По мере развития урбанизации образуются такие формы расселения, как городские агломерации и подобные им образования. С целью понять устройство современного городского общества, процессы и явления, происходящие в нем, важно исследовать именно такого рода сложные территориальные объекты.

Материалы и методы исследований. Теория городских агломераций, разрабатывавшаяся на протяжении второй половины XX в., продолжает оставаться в центре внимания как зарубежных, так и российских урбанистов. Если работы первых, как правило, изучают экономические и социальные последствия формирования агломераций (Л. Вирт [Wirth, 1938], Д. Джейкобс [Jacobs, 1969], Т. Кларк, Р. Ллойд [Lloyd, Clark, 2001]), то отечественные исследователи чаще концентрируют свое внимание на самом явлении агломерации и количественном описании этих структур (Г.М. Лаппо [1974, 1997],

Е.Н. Перцик [1991], В.Г. Давидович, П.М. Полян [1988], Р.А. Попов [2008], А.С. Пузанов, А.А. Высоковский, А.С. Новоселов и др.). Избранные работы некоторых из них легли в основу теоретической базы данного исследования. Существуют разные определения городской агломерации, но, так или иначе, городская агломерация – это сформировавшаяся естественным образом совокупность территориально-сконцентрированных городских и связанных с ними сельских поселений, границы которой устанавливаются лишь эмпирическим путем, а потому трудно определимы.

Поскольку для проведения репрезентативного сравнения агломераций необходимо оперировать определенным набором характеризующих их данных, они должны иметь четкие границы. Учеными из Центра исследований пространственной информации Токийского университета Канэмото Ёсицугу и Токуока Кадзуюки [Kanemoto ..., 2002] было предложено понятие городских зон занятости (ГЗЗ), которые состоят из ядра и периферии и делятся на метрополитенские (МЗЗ – если численность населения центрального города (ядра) более 50 тыс. человек) и микрополитенские (МиЗЗ – от 10 до 50 тыс. человек). К зоне влияния центрального города относят муниципалитеты, не менее 10% населения которых совершают регулярные трудовые поездки в ядро, т. е. коэффициент коммутации превышает 10%. Такие муниципалитеты относят к пригородам ядра.

При этом ядро может состоять из нескольких центральных городов, которые по условию коммутации не должны быть зонами влияния другого центра. В целом, критерии выделения ГЗЗ схожи с кри-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии, доцент, канд. экон. н.; e-mail: iritiro@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии, бакалавр, e-mail: vadimboratinsky9@gmail.com

териями выделения метрополитенских статистических ареалов США.

Выбор в качестве объекта данного исследования ГЗЗ объясняется тем, что они представляют собой реально существующие статистические единицы, по которым можно получить достоверную информацию и, что важно для географического анализа, – имеют пространственную привязку. Поскольку в МиЗЗ агломерационный эффект не наблюдается, на трудовые потоки они оказывают незначительное влияние и чаще всего входят в зону тяготения более крупных территориальных образований, пригородами которых фактически являются, их некорректно принимать за аналог агломерации. Поэтому в данном исследовании анализируются МЗЗ, которые есть во всех регионах и префектурах Японии, что очень важно для изучения страны в целом, региональных особенностей и пространственной дифференциации типов ГЗЗ.

Наиболее подходящим инструментом для получения возможно более детальной картины реального положения дел в том или ином агломерационно подобном образовании является типология. Этот комплексный метод обобщения информации позволяет выделить ключевые особенности определенной группы объектов, подчеркнуть общее и частное среди всей совокупности групп и получить об исследуемом объекте обобщенные научные знания, владение которыми полезно при выработке региональной политики и развитии национальной территории.

Представленное исследование посвящено разработке типологии ГЗЗ в Японии. В ходе исследования решались следующие задачи: определение критериев ГЗЗ, пригодных для проведения типологии; выделение групп ГЗЗ со сходными качественными и количественными показателями путем проведения математического анализа; анализ полученных типов ГЗЗ и пространственных различий в их распределении, а также городских агломераций разных типов по регионам и префектурам Японии.

По данным статистического исследования городских зон занятости в Японии 2010 г. [МЕА, 2018], последнего на время проведения наших ис-

следований, было выделено 98 МЗЗ (их список и основные статистические характеристики приведены в табл. 1).

В настоящее время для типологии чаще одновременно используется сразу целый ряд критериев, и объекты выделяются в группы по набору показателей [Гранберг, 2003]. На первом этапе исследования был проведен отбор основных показателей и составлена статистическая база. Далее производился расчет индекса агломеративности, темпов прироста населения за 1990–2010 гг. На следующей стадии проведено нормирование показателей методом линейного масштабирования с целью приведения их к единой шкале для корректного выполнения кластерного анализа. Затем следовал кластерный анализ на базе четырех показателей, описанных ниже, методом К-средних.

Выбор критериев для типологии. Среди возможных показателей развитости агломерационно подобных образований был выбран *индекс агломеративности*, показывающий долю населения, проживающего в пригородной зоне, в населении ГЗЗ в целом и позволяющий сделать вывод о возрасте агломерации и весе ее центрального города:

$$I_a = \frac{P}{P_a},$$

где P – численность городского населения зоны спутников; P_a – численность городского населения агломерации.

По степени развитости ГЗЗ было выделено 4 класса, границы которых получены на основании естественных разрывов: наиболее развитые (значение индекса более 0,74); высокоразвитые (0,5–0,74); развитые (0,2–0,49); слаборазвитые (менее 0,2).

При определении размера МЗЗ надо учитывать *население центрального города*. В совокупности с предыдущим критерием он позволяет оценить вес ядра в агломерации, определить уровень концентрации населения в центре.

Следующий из выбранных критериев – *динамика развития агломерации* (темпы прироста населения). Среди метрополитенских зон занятости в

Таблица 1

Основные показатели метрополитенских зон занятости в Японии на 2010 г.

Типы	Характеристики типов			
Название	Индекс агломеративности	Темпы прироста населения, %	Население центрального города (тыс. чел.)	Структура
Центральные	0,21–0,91 (0,68)*	–0,31–0,72 (0,25)	52–2665 (852)	Многоядерная
Периферийные	0,03–0,38 (0,24)	–0,81–0,03 (–0,39)	77–878 (257)	Одноядерная
Метрополитенские	0,03–0,66 (0,44)	0,19–0,96 (0,51)	70–1405 (437)	Одноядерная
Фоновые	0,48–0,78 (0,64)	–0,76–0,33 (–0,1)	51–479 (168)	Одноядерная
ГЗЗ Токио	0,74	0,6	8900	Многоядерная

* В скобках указаны средние для типов значения. Составлено по: [МЕА, 2018].

Японии максимальные темпы прироста населения за 20-летний период (1990–2010 гг.) были равны всего 1,15%, а около половины (46) ГЗЗ характеризовались отрицательным приростом, что связано с быстро прогрессирующим старением и сокращением населения страны. По этому показателю было выделено также 4 группы МЗЗ: с отрицательной динамикой – ниже $-0,3\%$, от $-0,3\%$ до $0,3\%$ – нединамичные, от $0,3\%$ до 1% – со слабой положительной динамикой, с приростом более 1% – относительно быстрорастущие.

Внутренняя структура городских зон занятости характеризуется, прежде всего, количеством ядер. Для упрощения дальнейших расчетов многоядерным образованиям присваивался индекс «1», а одноядерным – «0». В число полицентричных вошли 10 МЗЗ, а остальные – моноцентричные.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе математического анализа получилось 6 кластеров, два из которых включают по одной МЗЗ, а остальные состоят из 8, 14, 27 и 47.

Кластер 3, Токийский, совершенно очевидно выделяется по всем показателям. Он значительно больше других по населению центрального города, является относительно быстрорастущим и при этом характеризуется полицентричностью, несмотря на то, что Токийская агломерация обычно приводится в качестве классического примера моноцентричной [Социально-экономическая география Японии, 2016]. Различия здесь объясняются методикой определения ядер.

Другой кластер, состоящий из одного объекта – Саппоро-Отару, по всем показателям, кроме индекса агломеративности, близок к кластеру 5 (в который включены остальные МЗЗ с многоядерной структурой), поэтому он включен с ним в один тип. Таким образом, в результате логического осмысления кластерного анализа было выделено 5 типов ГЗЗ, представленных на рис. 1.

Типы городских зон занятости в Японии: основные признаки и различия. Тип 1. Центральные зоны занятости. Главной отличительной особенностью данного типа является структура вошедших в него МЗЗ: наличие более чем одного центра, и по индексу агломеративности (в среднем 0,68) попадание всех, за исключением Саппоро-Отару, в класс наиболее развитых или высокоразвитых.

Этот тип отличается относительной пространственной концентрацией: большинство входящих в него МЗЗ расположено в центральной части Хонсю, в регионах Канто, Тюбу и Кинки. Только 2 зоны расположены на севере и юге: Саппоро-Отару на Хоккайдо и Наха-Урасоэ на Окинаве. Они занимают особое экономическое, политическое и культурное положение в своих наиболее удаленных от центра регионах, поэтому отнесение их к «центральному» имеет иное, местное значение. Несмотря на периферийное положение в стране, в этих городах наблюдается прирост населения [Urasoe-no jinkō, 2018; Naha City ..., 2018], что особенно примечательно для Саппоро, находящегося в быстро депопулирующей

префектуре Хоккайдо. Во многом это объясняется тем, что Саппоро – административный центр префектуры и пятый по численности населения город в Японии (1,9 млн чел. [City of Sapporo ..., 2018]), собравший 37% жителей острова, он привлекает трудовые ресурсы со всего региона.

Своим положением в основной группе также несколько выделяется МЗЗ Сандзё-Цубамэ, состоящая из двух центральных городов с населением порядка 100 тыс. человек [Niigata Prefecture ..., 2018]. Она располагается в центральной части периферийной для региона Тюбу префектуры Ниигата и несколько выбивается из рассматриваемого типа по большинству показателей. Очевидно, что попадание в первый выделенный нами тип, в первую очередь, связано с ключевым фактором – структурой.

В одну группу по географическому положению внутри рассматриваемого типа объединяются граничащие между собой внутри префектуры Гумма МЗЗ Маэбаси-Такасаки-Исэсаки и Ота-Оидзуми и близкая к ним Цукуба-Цутиура, относительно крупные города [Ibaraki ..., 2018, Регистр ..., 2018], размещенные к северу от агломерации Токио.

Во многом схожими можно считать городские зоны занятости Осака и Нагоя-Комаки. Главное, что отличает их внутри типа – это население центральных городов и всей зоны в целом: 12,6 млн и 5,5 млн человек [CSIS, 2017, Komaki City ..., 2018]. Для сравнения, суммарное население городов МЗЗ Маэбаси-Такасаки-Исэсаки составляет около 900 тыс. чел. [Регистр ..., 2018].

Тояма-Такаока близка по своим характеристикам к Сандзё-Цубамэ: рекордно высокий для данного типа индекс агломеративности, небольшое население центральных городов, близкие к нулю темпы прироста населения. Ее ядра – административный центр префектуры, самый крупный в ней город Тояма и второй по населению – Такаока, вокруг которых образовалась обширная зона занятости, занимающая большую часть площади префектуры.

Представленные в первом типе зоны занятости расположены либо в центральной части острова Хонсю, либо являются административным и экономическим центром удаленного региона (исключение составляет только Сандзё-Цубамэ). В большинстве случаев это связано с их расположением в плотно населенных районах страны или с большим влиянием в регионе и наличием крупных пригородов, способных стать центральными городами.

Тип 2. Периферийные ГЗЗ. Как и для большинства других типов, для периферийных ГЗЗ характерно наличие одного ядра. Отличает же его низкий коэффициент прироста населения – половина МЗЗ попадает в группу с отрицательным приростом населения, остальные в группу нединамичных, хотя и в них наблюдается убыль населения. Они выделяются низким значением индекса агломеративности и в основном относятся к классу слаборазвитых, т. е. доля населения, проживающего в пригородных зонах, мала, а вес ядра высок (см. табл. 1).

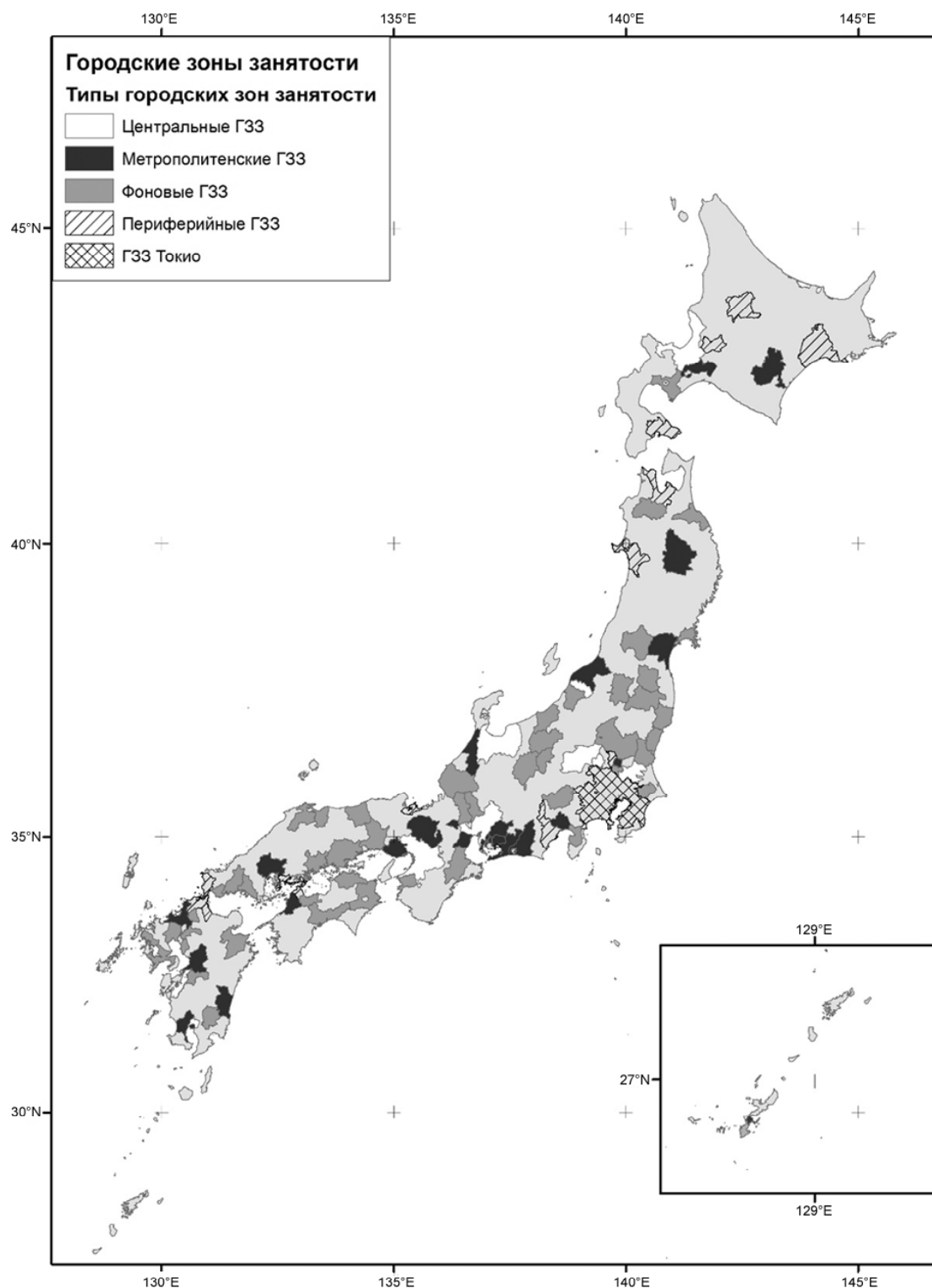


Рис. 1. Типы городских зон занятости в Японии

Fig. 1. Types of urban employment areas in Japan

Население 9 из 14 центральных городов в МЗЗ этого типа лежит в диапазоне от 148 до 350 тыс. человек: это Имабари и Асахикава соответственно. Меньше оно в Майдзуру, Ивамидзава и Гамагори, а значительно больше – в Китакусю и Сидзуока. По своему географическому положению по отношению к экономическому центру страны и к центральной оси расселения эти МЗЗ, за исключе-

нием трех – Сидзуока и Тотиги в одноименных префектурах, а также Майдзуру в префектуре Киото, являются периферийными. К северной периферии относятся МЗЗ, находящиеся в регионах Тохоку и Хоккайдо, а ко второй – Тюгоку, Сикоку и Кюсю.

В МЗЗ северной периферии входят расположенные в одноименных депрессивных префектурах Аки-та и Аомори (остров Хонсю), имеющие приблизительно-

но одинаковое население (около 300 тыс. чел.), убыль в которых значительна [Aomori City ..., 2018; Akita City ..., 2018], а также Кусиро, Асахикава, Ивамидзава и Хакодате (Хоккайдо). Южная периферия данного типа представлена МЗЗ Курэ, Имабари, Симоносэки и Китакусю. Все они, за исключением Китакусю, которая отличается от остальных большим населением (около 970 тыс. чел. [Kitakushu City ..., 2018]), находятся в префектурах с высокой убылью населения, что приводит к низким значениям индекса агломеративности.

В третью группу данного типа вошли МЗЗ, расположенные в центральной части острова Хонсю: Сидзуока, Тотиги, Майдзуру и Гамагори. Явного оттока населения или периферийного положения они не имеют, но попали в рассматриваемый тип вследствие типологической характеристики периферийности в отношении крупнейших агломераций страны. Отличным примером является МЗЗ Сидзуока, расположенная между зонами влияния Токио и Нагоя, которая выделяется в данном типе гораздо более высоким индексом агломеративности и близкой к нулю убылью населения.

Иными словами, периферийными ГЗЗ данной группы названы вследствие расположения большинства из них на демографической и географической периферии страны.

Тип 3. Метрополитенские ГЗЗ. Данная группа состоит из 27 МЗЗ, представленных в табл. 2, и по их количеству является второй среди всех выделенных типов. Помимо характерной для ГЗЗ Японии моноцентричности, МЗЗ рассматриваемого типа отличаются большим разбросом индекса агломеративности: большинство попадают в классы развитых и высокоразвитых (примерно в равных пропорциях), и лишь две, Хэкинан и Хиконэ, относятся к классу слаборазвитых со значениями индекса агломеративности 0,03 и 0,16 соответственно.

Несомненный маркер данного типа – показатель прироста населения, положительный во всех ГЗЗ данного типа. Лишь 7 из них относятся к классу нединамичных, 19 попадают в класс со слабой поло-

жительной динамикой, а 2 даже являются относительно быстрорастущими.

Среди относительно небольших по численности населения центрального города МЗЗ данного типа (до 300 тыс. чел.) подавляющее большинство располагается в пределах двух метрополитенских ареалов (ММА): Сидзуока-Хамамацу или Тюкё, либо граничащих с ними. Остальные МЗЗ также находятся в зонах влияния крупных ММА. Исключения составляют Мориока, Миядзаки и Обихиро, почти аналогичные показатели которых связаны не с наличием крупного центра поблизости, а с большей людностью их центральных городов. Еще одной причиной относительно высокого показателя индекса агломеративности может быть их расположение на удалении от крупных городских агломераций, что делает их монополистами на своей территории.

Попутно получен и еще один принципиальный вывод: если относительно небольшие по численности населения центрального города МЗЗ чаще представляли собой не самые значительные части крупных ММА, то более крупные (от 300 тыс. чел.), как правило, – их ключевые звенья. Единственным исключением является МЗЗ Канадзава, центр префектуры Исикава, однако ввиду ее быстрого для западной части острова Хонсю прироста населения, а также соседства с относительно стабильными зонами занятости Тояма-Такаока и Фукуи, можно предположить формирование нового крупного ММА в Японии.

Остальные МЗЗ этого типа являются первыми или вторыми по численности населения в соответствующих ММА: Сэндай, Хиросима, Киото, Фукуока, Кобэ. А Фукуока, один из крупных динамично развивающихся региональных центров Японии с населением 1,5 млн человек, представляет собой ключевое звено городской агломерации Китакусю-Фукуока, население которой составляет более 5 млн человек [Japan ..., 2019]. Во многом благодаря именно МЗЗ Фукуока одноименная префектура выделяется среди других южных префектур страны благоприятными демографическими показате-

Таблица 2

Состав типов метрополитенских зон занятости в Японии на 2010 г.

Типы. Название	Состав типов (МЗЗ)
Центральные	Маэбаси-Такасаки-Исэсаки, Нагоя-Комаки, Наха-Урасоэ, Осака, Ота-Оидзуми, Сандзё-Цубамэ, Саппоро-Отару, Тояма-Такаока, Цукуба-Цутиура
Периферийные	Акита, Аомори, Асахикава, Гамагори, Ивамидзава, Имабари, Китакусю, Курэ, Кусиро, Майдзуру, Сидзуока, Симоносэки, Тотиги, Хакодате
Метрополитенские	Андзё, Йоккаити, Кагосима, Канадзава, Кария, Киото, Кобэ, Кумамото, Мацуяма, Миядзаки, Мориока, Ниигата, Обихиро, Окадзаки, Окинава, Ояма, Сэндай, Титосэ, Тойота, Тойохаси, Фудзи, Фукуока, Хамамацу, Ханда, Хиконэ, Хиросима, Хэкинан
Фоновые	Айдзувакамацу, Вакаяма, Гифу, Дзёэцу, Иваки, Иидзука, Исиномаки, Йонаго, Кога, Корияма, Коти, Кофу, Курумэ, Мацумото, Мацуэ, Мито, Мияконодзё, Муроран, Нагано, Нагаока, Нагасаки, Нарита, Ниихама, Нумадзу, Огаки, Оита, Окаяма, Омута, Сага, Сасэбо, Сюнан, Такамацу, Токусима, Тоттори, Убэ, Уцуномия, Уэда, Фукуи, Фукусима, Фукуяма, Хатинохэ, Химэдзи, Хиросаки, Хитати, Цу, Ямагата, Ямагути
ГЗЗ Токио	Токио

лями, имея темпы прироста населения в 0,96% [MEA data, 2018].

Две оставшиеся МЗЗ анализируемого типа – Киото и Кобэ, центральные города которых примерно одинаковой людности (1,4 и 1,5 млн чел.), входят во вторую по численности населения городскую агломерацию Японии – Осацкую, с населением около 20 млн человек. Как два из трех ее центров они в некоторой степени привлекают население (хотя в последние годы Киото теряет), но индекс агломеративности, в первую очередь, за счет конкуренции друг с другом, сохраняется на не очень высоком уровне.

Тип 4. Фоновые ГЗЗ. Данный тип представлен наибольшим количеством объектов (47), поэтому он был разбит на четыре подтипа в зависимости от численности населения центрального города: первый – до 120 тыс.; второй – 120–200; третий – 200–300; четвертый – более 300 тыс. человек. Диапазон численности населения центрального города среди МЗЗ типа 4 значительно меньше, чем в предыдущем типе, за исключением Окаяма (рис. 2).

Большинство МЗЗ данного типа относится к классу нединамичных, по темпам прироста населения попадая в диапазон от –0,3% до 0,3%. Исключение из общего тренда составляют Муроран, Омута и Айдзувакамацу, характеризующиеся сильной убылью населения. ГЗЗ рассматриваемого типа отличаются высокой развитостью – индекс агломеративности немногим уступает типу 1, МЗЗ которого, в отличие от данного типа, многоядерные.

ГЗЗ самого распространенного в Японии типа по положению относительно крупных ММА можно разделить на две неравные группы. Меньшая группа, в которой ММЗ, как правило, представляют собой незначительные части ММА, расположены в их пределах. Это наиболее характерно для первых двух подтипов (примеры: Кога, Иидзука, Нарита, Курумэ). Другая, более обширная группа, представлена МЗЗ, расположенными на удалении от основных городских ареалов страны. Зачастую их объединения формируют своеобразные «мосты», соединяющие ММА (см. рис. 1). Яркие примеры являют Фукусима-Корияма-Иваки-Хитати-Мито, простирающийся

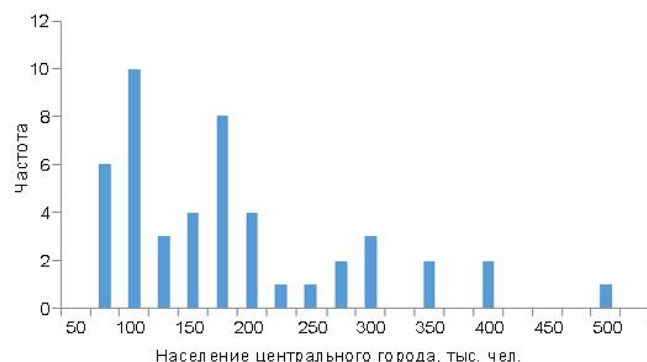


Рис. 2. Распределение ГЗЗ типа 4 по численности населения центрального города. Составлено по: [MEA, 2018]

Fig. 2. Distribution of the Type 4 UEA according to the population of the central city. Compiled after [MEA, 2018]

от зоны влияния Токио практически до МЗЗ Сэндай и Сага-Омута, соединяющий ММА Китакусю-Фукуока и Кумамото. Такие цепочки метрополитенских ареалов занятости характерны для районов Японии с относительно низкой плотностью населения. Во многом именно поэтому в МЗЗ рассматриваемого типа наблюдаются очень высокие показатели индекса агломеративности – есть свободная площадь для развития пригородов, а зоны влияния находящихся на значительном удалении друг от друга городов не пересекаются. Это характерно и для отдельно расположенных МЗЗ в малонаселенных районах страны (примеры – Мацуэ, Хатинохэ и Оита).

Среди представителей подтипов 3 и 4 (крупнейших по численности населения центрального города) имеются административные центры префектур: Окаяма, Гифу, Нагасаки, Фукуи, Нагано, Ямагата, Фукусима. Однако эти города, будучи центрами не самых населенных префектур, находящихся вне центральных районов страны, не образуют крупных ГЗЗ. Исключениями, разве что, являются две крупнейшие МЗЗ этого типа – Окаяма и Уцуномия. Последняя расположена в регионе Канто и образует один из 14 ММА. Население города составляет примерно 500 тыс. человек [Tochigi Prefecture ..., 2018] и растет, как и население города Окаяма [Statistics Bureau of Japan, 2017], вследствие тенденции в менее населенных регионах Японии к перемещению населения в крупные города. В МЗЗ Окаяма сконцентрировано около 1,5 млн человек. Другие крупнейшие ГЗЗ этого типа (Нагасаки, Оита, Химэдзи, Гифу) имеют меньшие масштабы. Напрашивается вывод о локализации ГЗЗ типа 4 в менее урбанизированных префектурах страны, в регионах с меньшей плотностью населения.

Тип 5. ГЗЗ Токио. Как можно было предположить, в отдельный тип, заметно отличающийся от остальных по большинству показателей, выделилась МЗЗ Токио. Индекс агломеративности (0,74) выше среднего значения в любой другой группе МЗЗ и темп прироста (0,6%) выше среднестатистического показателя по стране, хотя и не самый высокий среди всех ГЗЗ. Это объясняется исключительным экономическим положением данного городского образования. В его пределах формируется больший ВРП, чем в какой-либо другой городской агломерации мира (а по числу занятых Токио занимает второе место) [Brookings, 2018], и по прогнозу сохранит его в 2020 г. [The 150 richest ..., 2018], не говоря о том, что по ППС он превышает ВВП таких стран, как Австралия, Канада и Испания. Высокий индекс агломеративности объясняется огромной зоной влияния, сформированной этим крупнейшим экономическим центром. Токио привлекает не только японскую, но и иностранную рабочую силу. Однако его нельзя назвать новым образованием, поэтому рост стабилизировался, и темпы прироста не самые высокие в стране.

МЗЗ Токио отличается наиболее сложной структурой и состоит из 8 центральных городов и 148 городов-спутников. Крупнейшими из ядер являются Токио, Кавасаки, Иокогама, Сагамихара, Тиба, Сай-

тама и Йоно. Следствием объединения такого значительного количества крупных городов и их пригородов в единое городское пространство является огромная численность населения данной зоны занятости. По населению центрального города МЗЗ Токио (порядка 9 млн чел.) превосходит ближайшего преследователя, Осака, примерно в 3 раза. Численность населения зоны занятости, по данным большинства источников, превосходит население всех городских агломераций мира, что не позволяет объединять ее в один тип с какими-либо другими МЗЗ Японии.

Выводы:

– большинство ГЗЗ Японии представляют собой развитые городские образования с обширными пригородами, темпы прироста населения в которых обусловлены общей демографической ситуацией в соответствующей префектуре, а также расположением по отношению к более крупным экономическим центрам;

– количественные показатели МЗЗ отражаются в их некоторых качественных особенностях: а) более развитые зоны, как правило, расположены в районах с низкой плотностью населения; б) многоядерные МЗЗ находятся либо в центральной части страны, либо являются центрами обособленных регионов; в) для многоядерных МЗЗ характерны

высокие значения индекса агломеративности; г) МЗЗ с положительным приростом населения имеют непосредственное отношение к крупным городским ареалам страны или расположены в центральных ее регионах; д) МЗЗ, для которых характерна убыль населения, расположены в периферийных областях Японии;

– разработанная типология может иметь практическое применение, например, в качестве ориентира при разработке проектов по модернизации городского пространства. Так, для фоновых ГЗЗ, в связи с их развитостью и обширными пригородами, логично поставить вопрос об улучшении транспортной сети, для периферийных и метрополитенских, особенно крупных, напротив, гораздо важнее обратить внимание на рациональное использование площади зоны в пределах центральных городов, а также на их благоустройство;

– анализ типологии ГЗЗ Японии позволяет предсказать формирование новых городских образований более высокого уровня, оценить их пространственную конфигурацию и потенциальное население. Были выявлены подобные формирующиеся образования на западном побережье острова Хонсю (Канадзава-Тояма-Такаока-Фукуи) и на острове Кюсю, включающее в себя Китаюсю-Фукуока, Кумамото и ряд других, не столь крупных ГЗЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов. М.: ГУ ВШЭ, 2003. 496 с.

Ланно Г.М. География и урбанизация / Ред. И.М. Маергойз // Вопросы географии. Урбанизация мира. М., 1974. 204 с.

Ланно Г.М. География городов. М.: ВЛАДОС, 1997. 679 с.

Перцик Е.Н. География городов (Геоурбанистика). М.: Высшая школа, 1991. 282 с.

Полян П.М. Проблемы делимитации городских агломераций: сравнение и синтез ведущих методик / П.М. Полян, И.Н. Заславский, Н.И. Наймарк // Проблемы территориальной организации пространства и расселения в урбанизированных районах. Свердловск, 1988. 84 с.

Попов Р.А. Проблемы управления городскими агломерациями в современной России // Городской альманах. М.: Фонд «Институт экономики города», 2008. Вып. 4. 312 с.

Социально-экономическая география Японии / Под ред. И.С. Тихоцкой. М.: Аспект пресс, 2016. 528 с.

Тихоцкая И.С., Шарыпин Д.Л. Глобальный город Токио: страноведческий анализ // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2008. № 5. С. 36–42.

Kanemoto Y., Tokuoka K. Proposal for the Standards of Metropolitan Areas of Japan. *Journal of Applied Regional Science*, 2002, no. 7, p. 1–15.

Jacobs J. *The Economy of Cities*. New York, Random House, 1969, 268 p.

Lloyd R., Clark T. *The City as Entertainment Machine. Research in Urban Sociology*, 2001, vol. 6, p. 357–378.

Wirth L. *Urbanism as A Way of Life. The American Journal of Sociology*, 1938, vol. 44, no. 1, p. 1–24.

Электронные ресурсы

Aomori City official website [Электронный ресурс]: URL: <http://www.city.aomori.aomori.jp/> (дата обращения 06.03.2018).

Akita City official website [Электронный ресурс]: URL: <http://www.city.akita.akita.jp/> (дата обращения 20.03.2018).

Brookings. Global Metro Monitor. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.brookings.edu/research/global-metro-monitor/> (дата обращения 10.03.2018).

Center for spatial information science (CSIS), Urban employment areas. [Электронный ресурс]: URL: http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/uea_data_e.htm (дата обращения 4.10.2017).

City of Sapporo official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.city.sapporo.jp/city/english/outline.html> (дата обращения 29.01.2018).

Ibaraki Prefectural Government official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.pref.ibaraki.jp/tokei/betu/jinko/getsu/jinkou1408.html> (дата обращения 31.01.2018).

Japan Statistical Yearbook, 2019. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/68nenkan/index.html> (дата обращения 12.04.2019).

Kitakushu City official website. [Электронный ресурс]: URL: <https://web.archive.org/web/20031130211741/http://www.city.kitakyushu.jp/> (дата обращения 06.03.2018).

Komaki city official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.city.komaki.aichi.jp/> (дата обращения 02.02.2018).

Metropolitan Employment Area (MEA) Data. Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo. [Электрон-

ный ресурс]: URL: http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/uea_data_e.htm (дата обращения 4.01.2018).

Naha City official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.city.naha.okinawa.jp/> (дата обращения: 28.01.2018).

Niigata Prefecture official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.pref.niigata.lg.jp/tokei/1356780197540.html> (дата обращения 31.01.2018).

Statistics Bureau of Japan. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.stat.go.jp/> (дата обращения 4.10.2017).

The 150 richest cities in the world by GDP in 2020. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.citymayors.com/statistics/richest-cities-2020.html> (дата обращения 14.05.2019).

Tochigi Prefecture official website. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.pref.tochigi.lg.jp/a02/pref/shichouson/sonota/1184030337910.html> (дата обращения 04.03.2018).

Регистр рецензентов префектуры Гунма [Statistics of Gunma Prefecture] / Toukei.pref.gunma.jp [Электронный ресурс]: на яп. яз. URL: <http://toukei.pref.gunma.jp/brr/brr201407.htm> (дата обращения 31.01.2018).

Urasoe-no jinkō [Population of Urasoe] [Электронный ресурс]: Urasoe, Okinawa Prefecture, Japan: City of Urasoe. 2012. (на яп. яз.) URL: <http://www.city.urasoe.lg.jp/article.php/s20090220183941455> (дата обращения 28.01.2018).

Поступила в редакцию 20.05.2019

После доработки 25.09.2019

Принята к публикации 01.11.2019

I.S. Tikhotskaya¹, V.I. Boratinskii²

THE TYPOLOGY OF URBAN EMPLOYMENT AREAS IN JAPAN

The progress of urbanization originates specific settlement patterns, such as urban agglomerations and similar formations with a wider range of functions and more complex structure. An example would be urban employment areas (UEA) proposed by Japanese scholars. Investigation of UEA in Japan, belonging to the most urbanized countries, allowed the elaboration of research methodology based on the cluster analysis and delineation of their types. It was found that the majority of Japanese UEA are developed urban zones with extensive suburbs. The population growth rates stem from the general demographic situation in a particular prefecture as well as from their location with regard to larger economic centers. A hypothesis of correlation between particular quantitative indicators and certain qualitative features of UEA was confirmed. The typological analysis of UEA in Japan made it possible to identify the emerging new extensive urban formations, which could change the territorial structure of regional economies, as well as to evaluate their spatial configuration and potential population.

Key words: urban agglomerations, urban employment zones, Japan, clusters, typology, agglomeration index

REFERENCES

Granberg A.G. Osnovy regional'noj ekonomiki: uchebnik dlja vuzov [Fundamentals of the regional economy: a textbook for universities]. Moscow, High School of Economics Publ., 2003, 496 p. (In Russian)

Jacobs J. The Economy of Cities. New York, Random House, 1969, 268 p.

Kanemoto Y., Tokunaka K. Proposal for the Standards of Metropolitan Areas of Japan. *Journal of Applied Regional Science*, 2002, no. 7, p. 1–15.

Lappo G.M. Geografiya i urbanizaciya [Geography and Urbanization] Ed. I.M. Maergojz. *Voprosy geografii. Urbanizaciya mira* [Geography issues. Urbanization of the world]. Moscow, 1974, 204 p. (In Russian)

Lappo G.M. Geografija gorodov [Urban Geography], Moscow, VLADOS Publ., 1997, 679 p. (In Russian)

Lloyd R., Clark T. The City as Entertainment Machine. *Research in Urban Sociology*, 2001, vol. 6, p. 357–378.

Pertsik E.N. Geografija gorodov (Geourbanistika) [Geography of cities (Geo-urbanistics)]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1991, 282 p. (In Russian)

Poljan P.M., Zaslavskij I.N., Najmark N.I. Problemy delimitacii gorodskih aglomeracij: sravnenie i sintez vedushih

metodik [Problems of delimitation of urban agglomerations: comparison and synthesis of leading techniques]. *Problemy territorial'noj organizacii prostranstva i rasselenija v urbanizirovannyh rajonah*, Sverdlovsk, 1988, 84 p. (In Russian)

Popov R.A. Problemy upravleniya gorodskimi aglomeracijami v sovremennoj Rossii [Problems of urban agglomeration management in modern Russia], *Gorodskoj al'manah*. Moscow, Foundation «Institute for Urban Economics», 2008, vol. 4, 312 p. (in Russian).

Social'no-jekonomicheskaja geografija Japonii. [Socio-economic geography of Japan]. Ed. I.S. Tikhotskaya, Moscow, Aspekt Press Publ., 2016, 528 p. (In Russian).

Tikhotskaya I.S., Sharypin D.L. Global'nyj gorod Tokio: stranovedcheskij analiz [Global City of Tokyo: country-studies analysis], *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2008, no. 5, p. 36–42. (In Russian)

Wirth L. Urbanism as A Way of Life. *The American Journal of Sociology*, 1938, vol. 44, no. 1, p. 1–24.

Web sources

Aomori City official website. [Elektronnyi resurs]: URL: <http://www.city.aomori.aomori.jp/> (access date 06.03.2018).

Akita City official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.city.akita.akita.jp/> (access date 04.03.2018).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Associated Professor, Ph.D. in Economics; e-mail: iritiro@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Bachelor of Geography; e-mail: vadimbortatinsky9@gmail.com

Brookings. Global Metro Monitor. [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.brookings.edu/research/global-metro-monitor/> (access date 10.03.2018).

Center for spatial information science, Urban employment areas. [Elektronnyi resurs], URL: http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/uea_data_e.htm (access date 4.10.2017).

City of Sapporo official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.city.sapporo.jp/city/english/outline.html> (access date 29.01.2018).

Ibaraki Prefectural Government official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.pref.ibaraki.jp/tokei/betu/jinko/getsu/jinkou1408.html> (access date 31.01.2018).

Japan Statistical Yearbook, 2019. [Elektronnyi resurs], URL: <https://www.stat.go.jp/english/data/nenkan/68nenkan/index.html> (access date 12.04.2019).

Kitakushu City official website. [Elektronnyi resurs], URL: <https://web.archive.org/web/20031130211741/http://www.city.kitakyushu.jp/> (access date 06.03.2018).

Komaki city official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.city.komaki.aichi.jp/> (access date 02.02.2018).

Metropolitan Employment Area (MEA) Data. Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo. [Elektronnyi

resurs], URL: http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/uea_data_e.htm (access date 4.01.2018).

Naha City official website, [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.city.naha.okinawa.jp/> (access date 28.01.2018).

Niigata Prefecture official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.pref.niigata.lg.jp/tokei/1356780197540.html> (access date 31.01.2018)

Statistics Bureau of Japan. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.stat.go.jp/> (access date 4.10.2017).

The 150 richest cities in the world by GDP in 2020. [Elektronnyi resurs], URL: (<http://www.citymayors.com/statistics/richest-cities-2020.html>) (access date 14.05.2019)

Tochigi Prefecture official website. [Elektronnyi resurs], URL: <http://www.pref.tochigi.lg.jp/a02/pref/shichouson/sonota/1184030337910.html>, (04.03.2018).

Statistics of Gunma Prefecture. [Elektronnyi resurs], Toukei.pref.gunma.jp (in Japanese) URL: <http://toukei.pref.gunma.jp/brr/brr201407.htm> (access date 31.01.2018).

Urasoe-no jinkō [Population of Urasoe] (in Japanese). [Elektronnyi resurs]: Urasoe, Okinawa Prefecture, Japan: City of Urasoe. 2012. URL: <http://www.city.urasoe.lg.jp/article.php/s20090220183941455>, (access date 28.01.2018).

Received 20.05.2019

Revised 25.09.2019

Accepted 01.11.2019

УДК. 551.4; 551.4

Е.А. Мороз¹, Ю.А. Зарайская², Е.А. Сухих³, С.Ю. Соколов⁴, А.В. Ермаков⁵, А.С. Абрамова⁶

РЕЛЬЕФ И СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА В РАЙОНЕ СВОДА ФЕДЫНСКОГО ПО АКУСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ

По результатам анализа и интерпретации детальных акустических данных, полученных в экспедиционных работах 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов» в 2011 году в южной части российского сектора Баренцевоморского шельфа, были выявлены основные генетические типы рельефа, а также определены мощности четвертичного осадочного чехла в пределах исследуемой территории. Установлено, что большую площадь дна рассматриваемого района занимают формы реликтового аэрального и субаэрального генезиса, которые представлены бороздами выпаживания и газовыми воронками. На акустических разрезах в Центральной впадине Баренцева моря выявлены погребенные русловые формы, предположительно входящие в водосборный бассейн Палеопечоры. Рассмотрены основные закономерности пространственного распределения различных типов мезо- и микро-рельефа, а также их геоморфологическая приуроченность к дочетвертичным поверхностям выравнивания.

Ключевые слова: многолучевая батиметрия, сейсмоакустика, геоморфология Арктического шельфа, четвертичные отложения, палеодолины, газовые воронки, айсберговое выпаживание

Введение. Район исследований, центральную часть которого занимает свод Федынского, располагается в южном секторе Баренцевоморского шельфа к северу от Кольской седловины между Центрально-Баренцевской впадиной и бассейном Нордкап (рис. 1). Несмотря на высокую плотность геолого-геофизических исследований в данной части Баренцева моря, обусловленную в первую очередь разведкой и оценкой нефтегазового потенциала территории, особенности формирования рельефа и строения плиоцен-четвертичного осадочного чехла изучены лишь для отдельных районов. С августа по октябрь 2011 года в рамках программы «Плавучий Университет» (TTR – Training Through Research) кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ и Геологическим институтом РАН под эгидой ЮНЕСКО проводились морские экспедиционные геолого-геофизические работы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов» (начальник рейса – канд. геол.-минерал. н. Г.Г. Ахманов) в Российском и Норвежском секторах южной части Баренцева моря. В результате этих работ были получены детальные данные многолучевой батиметрии и высокочастотного акустического профилирования, которые позволяют рассматривать геолого-геоморфологическое строение территории в существенно более крупном масштабе.

История геологического развития Баренцевоморского региона охватывает временной интервал

от архей-протерозойского до настоящего времени. Определяющий вклад в формирование морфоструктурного плана Баренцевоморского шельфа внесли процессы рифтогенеза, определившие положение крупных осадочных бассейнов. Таковыми являются Восточно-Баренцевский мегапрогиб, Нордкапский прогиб, Медвежинский трог. Южная часть территории длительное время находилась в режиме морского осадконакопления и интенсивной эрозии подверглась лишь в неоген-четвертичное время, в результате чего была сформирована сеть речных палеодолин. Существенные перестройки рельефа происходили в плиоцен-четвертичный этап развития Баренцевоморского региона [Матишов, 1977], в ходе которого происходили масштабные неотектонические колебания положительного знака, которые стимулировали эрозионные процессы на возвышенностях и вынос теригенного материала во впадины.

Согласно работам [Ласточкин, 1977; Мусатов, 1998а] на территории Баренцевоморского шельфа в неоген-четвертичное время существовала разветвленная система палеорек различного масштаба. Основные речные долины наследовали положение отрицательных морфоструктур шельфа, представленных, в основном, рифтогенными прогибами и грабенами. В результате активной эрозии к позднеплейстоценовому ледниковому периоду Баренцевоморский шельф представлял собой эрозионно-денудационную равнину, сформированную на цокольном основании мезозойских пород.

¹ Геологический институт РАН, лаборатория геоморфологии и тектоники дна океанов, ст. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; e-mail: morozzea@gmail.com

² Геологический институт РАН, лаборатория геоморфологии и тектоники дна океанов, ст. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; e-mail: geozar@yandex.ru

³ Геологический институт РАН, лаборатория тепломассопереноса, науч. с.; e-mail: sukhikh_ea@mail.ru

⁴ Геологический институт РАН, лаборатория геоморфологии и тектоники дна океанов, зав. лабораторией, канд. физ.-матем. н.; e-mail: sysokolov@yandex.ru

⁵ Геологический институт РАН, лаборатория тепломассопереноса, науч. с.; e-mail: a.v.ermakov@gmail.com

⁶ Геологический институт РАН, лаборатория геоморфологии и тектоники дна океанов, мл. науч. с.; e-mail: abramanastas@gmail.com

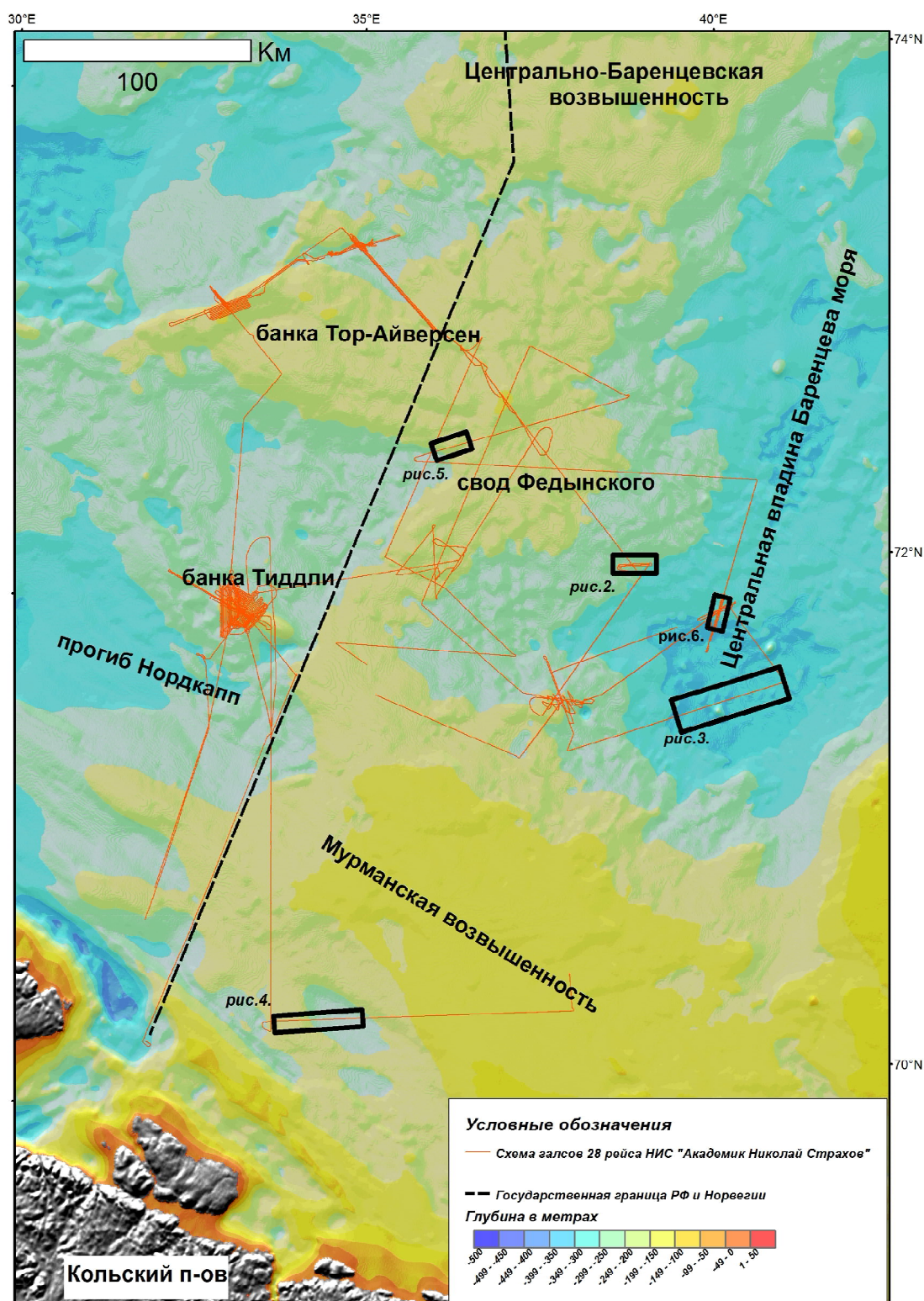


Рис. 1. Общая схема района исследований. Батиметрия по данным IBCAO V3

Fig.1. General scheme of the area of investigations. Bathymetry based on IBCAO V3 DTM

Широкое распространение форм ледникового рельефа на шельфе Баренцева моря позволяет предполагать, что существенное влияние на морфологический облик территории оказали оледенения среднего и позднего плейстоцена [Svendsen et al., 2004; Newton, Huus, 2017; Миронюк, Ивано-

ва, 2018]. В период отступления валдайского ледника, который протекал практически синхронно с морской трансгрессией [Яшин, 2000] в позднем плейстоцене-голоцене, на освободившейся ото льда поверхности дна Баренцевоморского шельфа процессами айсберговой экзарации был сформирован

комплекс рельефа борозд выпаживания и сопряженных с ними форм.

Ведущая роль в переработке рельефа шельфа в послеледниковое время отводится процессам сфокусированного подъема флюидов к поверхности дна, приводящим к образованию кратерообразных воронок – покмарок («rockmarks») различного масштаба и геометрии [Judd, Hovland, 2007]. Подобные формы широко распространены преимущественно в южной и центральной частях Баренцева моря, где дислоцированы мощные толщи мезозойских осадочных комплексов [Государственная ..., 2004] и приуроченные к ним крупные резервуары углеводородов. Таким образом, в результате взаимодействия разнонаправленных геолого-геоморфологических процессов в южной части Баренцева моря были сформированы комплексы рельефа различного генезиса и возраста, имеющие выражение в современном рельефе дна.

Материалы и методы исследования. Анализ батиметрии района исследований производился в работе по данным цифровой модели рельефа (ЦМР) IBCAO V3 [Jacobsen et al., 2012] и материалам детальной многолучевой съемки, выполненной в рамках научной программы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов» (2011). Многолучевая батиметрическая съемка производилась на эхолотах Reson Seabat 8111/7150 с частотами 100 кГц/12 кГц. Для изучения строения верхней части разреза использовался непараметрический профилограф Edgetech 3300 с частотно-модулированным сигналом типа CHIRP в диапазоне частот 2–6 кГц и длительностью импульса 40 мс, а также комплекс непрерывного сейсмического профилирования (НСП) СОНИК-4М с электроискровым излучателем типа «спаркер» с центральной частотой 800 Гц.

В процессе постобработки данных многолучевой батиметрии, которая производилась вручную в программном пакете PDS 2000, операторами удалялись шумы и значительные «отскоки» от общего поля точек, а также убирались краевые некондиционные лучи. Следует отметить, что для обработки не применялись автоматизированные фильтры, что позволяет говорить о высоком соответствии ЦМР рельефу дна изучаемого района.

Результаты исследований и их обсуждение.

Общая характеристика рельефа и осадочного чехла. Рельеф дна Баренцева моря в районе исследований (см. рис. 1) представляет собой слабоволнистую морскую аккумулятивную равнину, осложненную структурно-обусловленными поднятиями и впадинами с амплитудами высот до 200 м. Максимальные глубины отмечаются в Центральной впадине Баренцева моря, где достигают 380 м. Наиболее приподняты вершинные поверхности свода Федьнского, входящего в Центрально-Баренцевскую зону поднятий, расположенные на глубинах 180–190 м. Склоновые части поднятий и впадин характеризуются исключительно малыми значениями крутизны (до 2°). На западе исследуемой территории, в районе банки Тиддли и прогибе Нордкап в

Норвежском секторе Баренцева моря, рельеф осложнен формами солянокупольной тектоники, которые в рамках данного исследования рассматриваться не будут.

Анализ верхней части осадочного чехла по акустическим данным показывает наличие маломощного «плаща» плейстоцен-голоценовых отложений залегающих с угловым несогласием на мезозойских породах [Мусатов, 19986; Тарасов, 2015]. На профилях НСП породы мезозоя фиксируются по резкому изменению угла наклона отражающих горизонтов. Кровля мезозойских комплексов (верхнее региональное несогласие) на разрезах профилографа представляет собой четко выраженный, в ряде случаев прерывистый, рефлектор, ниже которого прохождение акустического сигнала не прослеживается. Малые до 2 м мощности плейстоценовых отложений обусловлены, по-видимому, тем, что в эпоху валдайского оледенения [Larsen, 2006] данный район находился вблизи центра оледенения. То есть поверхность дна была «законсервирована» под слоем малоподвижного льда, а отложение рыхлого материала происходило в период дегляциации. В пользу этого утверждения свидетельствует отсутствие выраженного ледникового аккумулятивно-денудационного рельефа. Повышенная мощность позднеплейстоцен-голоценовых осадков наблюдается в депрессиях рельефа, приуроченных к юго-западной части Центрально-Баренцевской впадины, где достигает 30–40 м.

Рельеф айсберговой экзарации. Свод Федьнского – антиклинальное поднятие триасово-юрских пород, срезанных эрозией. Вершинная поверхность и склоны поднятия изрезаны многочисленными следами движения айсбергов, формирующих его ребристый мезо- и микрорельеф (рис. 2). Айсберговые борозды распространены в диапазоне глубин от 190 до 330 м. Наибольшая величина вреза борозд выпаживания достигает 8–9 м и закономерно отмечена на вершине свода Федьнского, которая подвергалась наиболее интенсивному воздействию килевых частей айсбергов. В среднем глубина вреза айсберговых борозд составляет 3–4 м с тенденцией к уменьшению при движении вниз по склону. Направления айсберговой штриховки соответствуют преимущественно СЗ-С трендам, реже СВ.

Характер распределения осадочного чехла по сейсмоакустическим данным показывает, что на большей части поднятия свода Федьнского формы рельефа ледовой экзарации развиты по тонкому слою акустически прозрачных, по-видимому, диамиктоновых отложений [Мурдмаа, Иванова, 1999; Крапивнер, 2018] мощностью до 10–12 м, или же вовсе прорезают мезозойские породы. Исключение составляет структурно-обусловленное локальное понижение на юго-западном фланге свода, заполненное акустически хорошо проницаемыми отложениями мощностью до 30 м.

Несмотря на дискуссионные вопросы, касающиеся границ распространения и мощности ледникового покрова, в позднем плейстоцене несомнен-

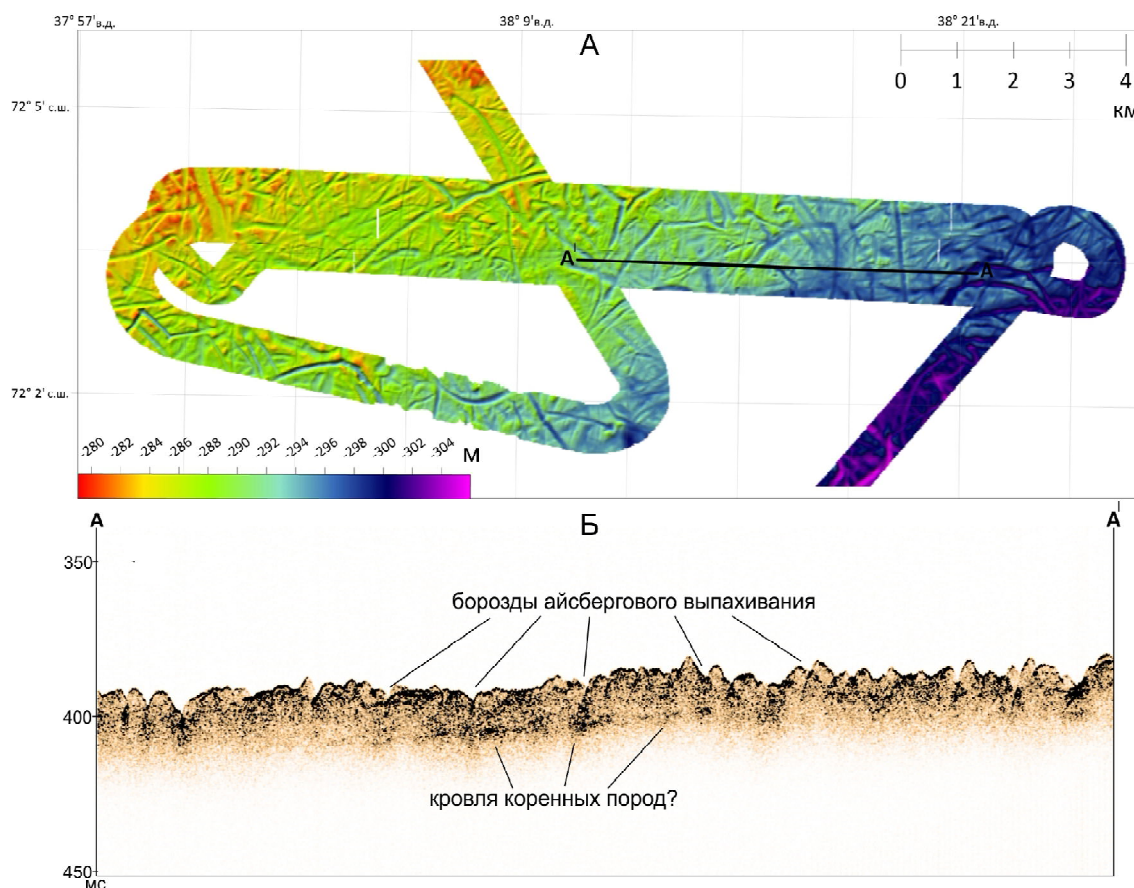


Рис. 2. Борозды айсбергового выпаживания на юго-восточной оконечности свода Федынского: А – данные многолучевого эхолота, Б – сейсмоакустический профиль (частота сигнала 2–6 кГц). Борозды прорезают маломощную толщу ледово-морских осадков, налегающую на докайнозойские породы (материалы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов»)

Fig.2. Iceberg scours at the south-eastern flank of the Fedynsky Rise. А – Multi-beam image, Б – seismoacoustic profile at 2–6 kHz. The scours are cut in thin glacio-marine sediments overlaying Mezozoic bedrocks (28 cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» dataset)

ным остается факт наличия реликтовых форм айсбергового выпаживания, распространенных на Баренцевоморском шельфе в среднем до глубин 280–290 м. Учитывая современные представления о границах и мощностях последнего ледникового (валдайского) оледенения [Landvik et al., 1998; Svendsen et al., 2004], в данной части Баренцевоморского шельфа можно предположить несколько сценариев развития рельефа в периоды дегляциации.

В первом случае предполагается, что исследуемая территория в последний ледниковый максимум (около 19–21 тыс. л. н.) находилась под мощным ледниковым покровом, который продвигался со стороны архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа и, возможно, соединялся с центром оледенения на Балтийском щите. В этом случае основная рельефообразующая деятельность проявлялась в краевых частях оледенения, где происходит наибольшая подвижность ледниковых масс, приводящая к образованию конечных моренных гряд, форм флювиогляциального генезиса и т. д. Близкие к центру оледенения районы Баренцевоморского шельфа были, по-видимому, «законсервированы» под стабильно лежащим на дне слоем льда. Свидетельством этого является отсутствие форм леднико-

вого происхождения в районе свода Федынского и прилегающих территорий, которые подверглись значительному воздействию айсберговой денудации в периоды отступления ледникового покрова. Кроме того, нет явных признаков распространения в данной части шельфа типичных гляциальных отложений, подстилающих позднеплейстоцен-голоценовые морские илы или материал ледового разноса. Соответственно, при таком варианте развития событий предполагается, что активизация айсберговой экзарации происходила на поздних стадиях дегляциации в морских условиях.

Второй сценарий развития событий предполагает, что рассматриваемый район находился не под ледниковым щитом, а на его периферии в свободной ото льда акватории Баренцева моря. Согласно данным, представленным в работе [Крапивнер, 2018], осадочные горизонты соответствующие сейсмокомплексам четвертичной части разреза формировались в условиях ледово-морского и морского осадконакопления. Учитывая тот факт, что выявленные нами на ЦМР формы айсбергового выпаживания выражены в рельефе дна и прорезают позднечетвертичные осадки, можно предполагать, что район свода Федынского находился на удале-

нии от ледникового покрова, который имел фрагментарный характер. В результате этого, айсберговая эрозия также в полной мере могла являться ведущим геоморфологическим процессом в южной части Баренцевоморского шельфа в ледниковое и постледниковое время, обеспечивая латеральное перемещение значительной массы поверхностного слоя осадков.

Таким образом, реликтовый айсберговый рельеф свода Федынского, преобладающий на большей площади дна Баренцева моря, имеет возраст образования преимущественно не моложе поздневалдайского. В пользу этого утверждения указывает хорошая сохранность форм и практически полное отсутствие поздних рыхлых отложений, перекрывающих айсберговые борозды. Формы ледового выпавивания, расположенные на глубинах более 300 м, по-видимому, были погружены в результате нисходящих неотектонических движений в позднем плейстоцене, амплитуды которых оцениваются в 200 м [Мусатов, 1998б; Крапивнер, 2018].

Русловые формы. Район исследований в Центральной впадине Баренцева моря располагается к юго-западу от свода Федынского и представляет собой депрессию рельефа с максимальными отметками глубин до 377 м, установленных по данным многолучевой батиметрической съемки в рамках 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов». Впадина характеризуется наличием в ее центральной части крупного ложбинообразного понижения шириной до 30 км. В его пределах были выявлены формы рельефа, имеющие сходство с эрозионными (рис. 3). Ширина данных форм варьирует от 130–150 м до 350–400 м при глубине вреза от 3 до 5–6 м. Поперечный профиль большинства рассматриваемых форм корытообразный, с асимметрией бортов, обусловленной наличием террасовидной ступени.

Согласно цифровой модели ИВАО V3 [Jakobsson et al., 2012] и данным многолучевой батиметрии, полученным в ходе 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов», положение предполагаемых палеоэрозионных форм и маркирующих их каналов, выраженных в современном рельефе дна, соответствует наиболее глубокоим частям Центральной впадины Баренцева моря.

Строение верхней части осадочного чехла, установленное по сейсмоакустическим данным, пока-

зывает наличие с поверхности дна хорошо стратифицированной толщи осадков мощностью до 35 м в пределах ложбиноподобной депрессии. По характеру акустической записи пачка осадков, выполняющая неровности в пределах ложбиноподобной депрессии без видимых поверхностных деформаций, представляет собой слоистые морские голоценовые осадки, установленные для Баренцева моря [Мурдмаа, Иванова, 1999; Тарасов, 2015]. Под подошвой голоценовых отложений, перекрывающих предполагаемые эрозионные формы, акустический сигнал профилографа не прослеживается. Разрез НСП показывает, что ниже развиты докайнозойские породы, фиксирующиеся по угловому несогласию. Таким образом, можно предполагать, что заложение палеоврезов происходило во временном интервале от неогена до среднего плейстоцена, когда территория Баренцевоморской плиты испытывала интенсивное неотектоническое воздымание [Мусатов, 1998].

В ряде случаев в бортах погребенных эрозионных форм наблюдается прерывистость рефлекторов в горизонтальном направлении, которая сопровождается потерей акустической яркости. Данный признак может говорить о наличии вертикальных неотектонических движений малой амплитуды по дизъюнктивным нарушениям сбросового типа, а также о присутствии газа в приповерхностной толще осадков. Соотношение батиметрических данных с сейсмоакустическими разрезами показывает унаследованность современного рельефа, наложенного на палеорусловые формы.

Дискуссионным является вопрос о первичном генезисе вышеупомянутых эрозионных форм, так как существуют предположения, что они могли быть сформированы не только классическими флювиальными (русловыми) процессами, но и в результате эрозионной деятельности подледных каналов в эпоху последнего ледникового максимума [Bjarnadottir et al., 2017]. Подледные каналы интерпретируются по данным многолучевой батиметрии и акустического профилирования в норвежском секторе Баренцева моря в Нордкапском прогибе и верховьях Медвежинского трога [Esteves et al., 2017]. По морфологическому облику большинство данных форм имеют классическую русловую морфологию с наличием излучин, меандров, притоков и других элементов речной долины. Исключением можно счи-

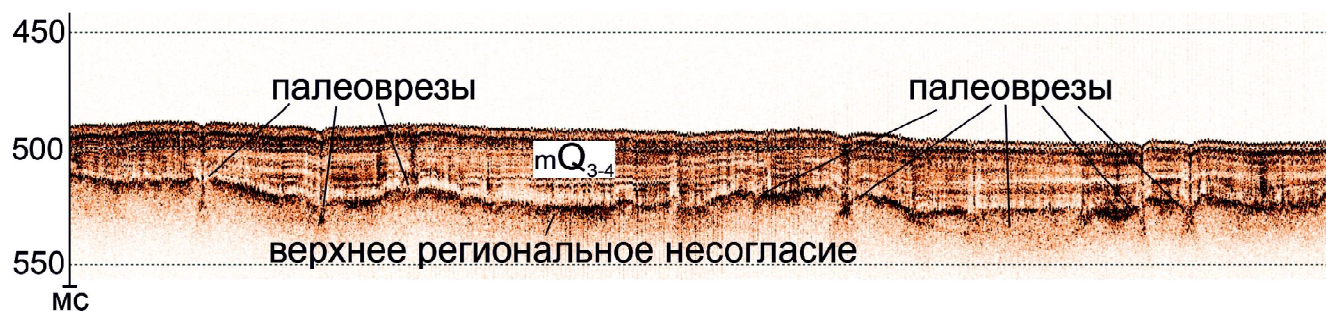


Рис. 3. Погребенные палеоврезы в Центральной впадине Баренцева моря по данным сейсмоакустического профилирования (материалы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов»)

Fig.3. Seismoacoustic profile across buried palaeo-valleys in the Central Barents Deep (28 cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» dataset)

тать врезы шириной до 50–100 м преимущественно линейной ориентировки, имеющие небольшую (до первых километров) протяженность. Небольшие каналы могут представлять собой лишь «недоразвитые» формы флювиального генезиса, затопленные морем. В связи с этим, однозначно говорить о флювиогляциальной природе вышеупомянутого рельефа не представляется возможным, однако, нельзя исключить и наложенный характер развития подледных каналов по сети палеодолин шельфа Баренцева моря.

Газовые воронки (покмарки). Обширные площади дна южной части Баренцева моря покрыты газовыми воронками (покмарками) кратерообразной изометричной формы развитыми в новейших отложениях шельфа [Chand et al., 2012]. Образование газовых воронок является ведущим геоморфологическим процессом на акватории внутреннего шельфа в позднечетвертичное время и, по-видимому, продолжается и сейчас. Процесс образования покмарок связан с фокусированным подъемом флюидов [Judd, Howland, 2007] (в основном метана) в верхнюю часть осадочного чехла, разуплотнением приповерхностных грунтов, приводящих к образованию кратерообразных форм. В ряде случаев данный процесс сопровождается выходом газа на днев-

ную поверхность и внедрением его в водную толщу.

В пределах исследуемой территории покмарки встречаются практически повсеместно вне зависимости от глубины поверхности дна. По данным многолучевого эхолотирования и сонарной записи (backscatter) установлено, что наибольшая плотность газовых воронок приурочена к абсолютным глубинам поверхности дна более 180 м, а на глубинах более 250 м они зачастую формируют крупные поля различной площади и являются основным типом микрорельефа дна. По данным многолучевого эхолотирования 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов» выделяются как изометричные, так и продолговатые покмарки, по-видимому, образованные в результате слияния первых. Диаметр изометричных покмарок в пределах района исследований изменяется от первых метров до десятков метров, при глубине до 3–5 м.

На профиле, пересекающем неогеновую палеодолину (рис. 4), отмеченную на геологической карте масштаба 1:1 000 000, фиксируется увеличение количества и размера газовых воронок. Положению палеодолины соответствует понижение современного рельефа, выделяемое по батиметрии и сеймоакустическому профилированию. Днища палеодолин

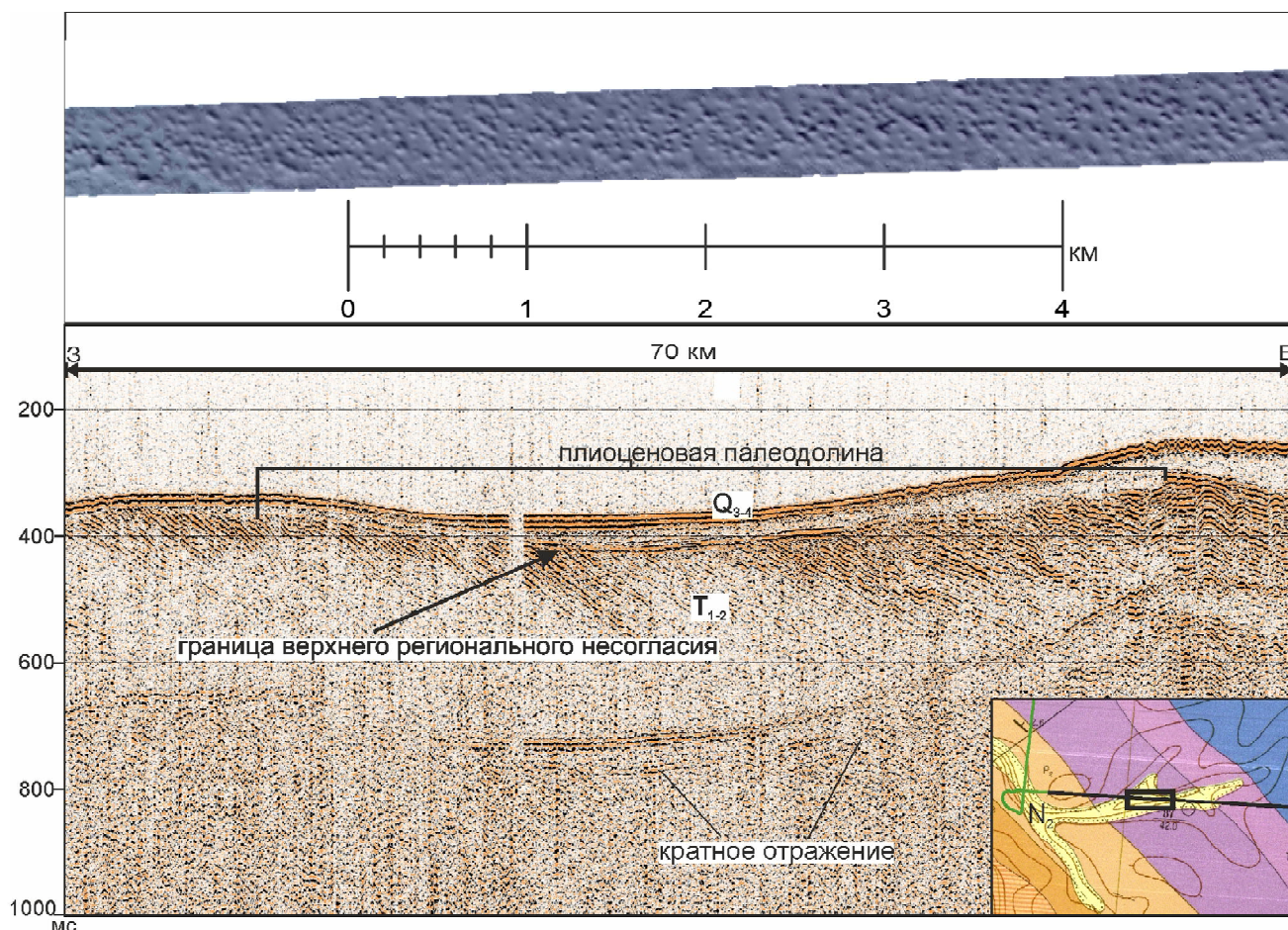


Рис. 4. Рельеф дна с многочисленными кратерами газовых воронок и сейсмический разрез через неогеновую палеодолину (материалы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов»). На врезке фрагмент геологической карты с положением профиля

Fig. 4. Seafloor with numerous craters of pockmarks and seismoacoustic profile across a Pliocene palaeo-valley. (28 cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» dataset)

перекрыты акустически прозрачной, нестратифицированной толщей осадков мощностью до 35 м. В центральных частях понижений дна над палеодолиной формы газового просачивания являются преобладающими и, по-видимому, полностью замещают рельеф айсбергового генезиса, который проявляется при выходе на склоновые и вершинные поверхности.

Газовые воронки, развитые на вершинной поверхности и пологих склонах свода Федынского, наложены на генерации айсбергового рельефа. Покмарки отмечаются как в тальвегах борозд выпakhивания, так и вне их на прилегающих участках дна (рис. 5). Четкая ориентированность цепочек кратеров по простираанию айсберговых борозд указывает на их более молодой возраст образования и активизацию процесса дегазации при нарушении поверхностного осадочного горизонта.

В Центральной впадине Баренцева моря по данным многолучевой батиметрической съемки были обнаружены гигантские покмарки (рис. 6). Кратер самой большой из закартированных воронок достигает 300 м в диаметре, а глубина составляет около 18 м. Кратер характеризуется асимметричным строением стенок с более высокой южной, окаймленной валом, и ступенчатой северной. Угол наклона поверхности южной части кратера достигает 15° . Характерной особенностью является и отсутствие современных морских отложений в пределах кратерообразных понижений, что указывает на позднеголоценовый возраст образования. Кратеры покмарок характеризуются интенсивным отражением высокочастотного акустического сигнала профилографа, который проникает ниже поверхности дна более чем на 5–7 м, что позволяет предположить близкое расположение рефлектора, фиксирующего кровлю мезозойских пород в условиях малых мощностей четвертичных осадков.

Основным фактором, влияющим на образование воронок, является наличие рыхлого слабоконсолидированного чехла, морских или ледово-мор-

ских осадков в верхней части разреза. Согласно детальным исследованиям покмарок в Баренцевоморском регионе, представленным в работе [Rise et al., 2016], не обнаруживается прямой зависимости между структурными элементами территории и плотностью распространения покмарок, но существует корреляция между мощностью голоценовых осадков и размерами кратеров воронок. То есть, морфометрические характеристики газовых кратеров могут являться маркером для оценки мощности постледниковых осадков в шельфовых областях [Rise et al., 2016]. Данные выводы подтверждаются нашими исследованиями в российском секторе Баренцева моря.

Исходя из этого, повышение плотности и размерности газовых кратеров в пределах палеодолин на Кольской моноклинали, по-видимому, приурочено к закономерному увеличению мощности четвертичного чехла осадков.

Выводы:

- на современной поверхности дна в российском секторе южной части Баренцевоморского шельфа преобладает реликтовый полигенетический рельеф, представленный сочетанием форм ледово-морского, дегазационного и руслового генезиса;

- одна из ведущих ролей в переработке поздне-четвертичных поверхностей выравнивания отводится рельефообразующим процессам айсбергового выпakhивания. Так, в районе свода Федынского на глубинах до 300 м в поздне-постледниковое время (15–13 тыс. л. н.) практически повсеместно сформировался айсберговый рельеф, осложненный газовыми воронками. Развитые по тальвегам борозд выпakhивания покмарки являются наложенными и образовались позже или практически одновременно после нарушения поверхностного слоя осадков процессами айсберговой экзарации;

- на глубинах более 330 м в Центральной впадине Баренцева моря были обнаружены гигантские кратеры газовых воронок. Сопоставление морфометрических характеристик покмарок, к которым отно-

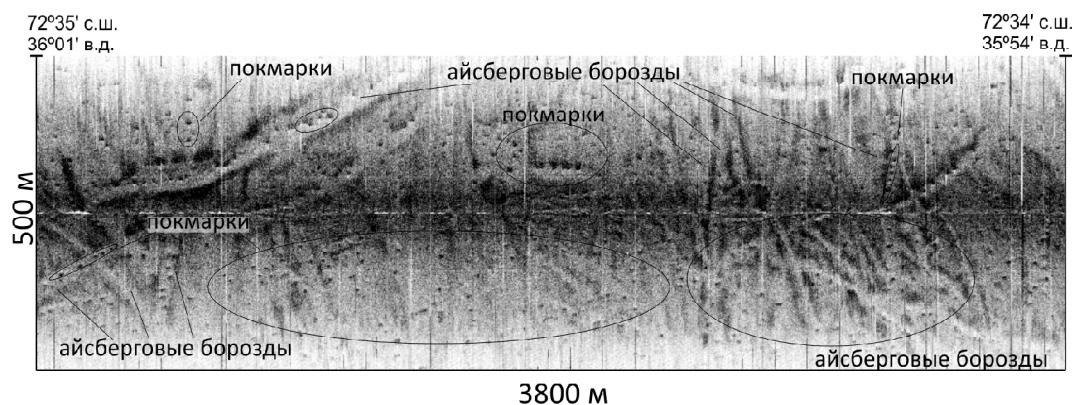


Рис. 5. Сочетание покмарок и айсберговых борозд на поверхности свода Федынского по данным мозаики бокового обзора (материалы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов»)

Fig. 5. Backscatter image of iceberg scours and pockmarks combination on the Fedynsky Rise (28 cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» dataset)

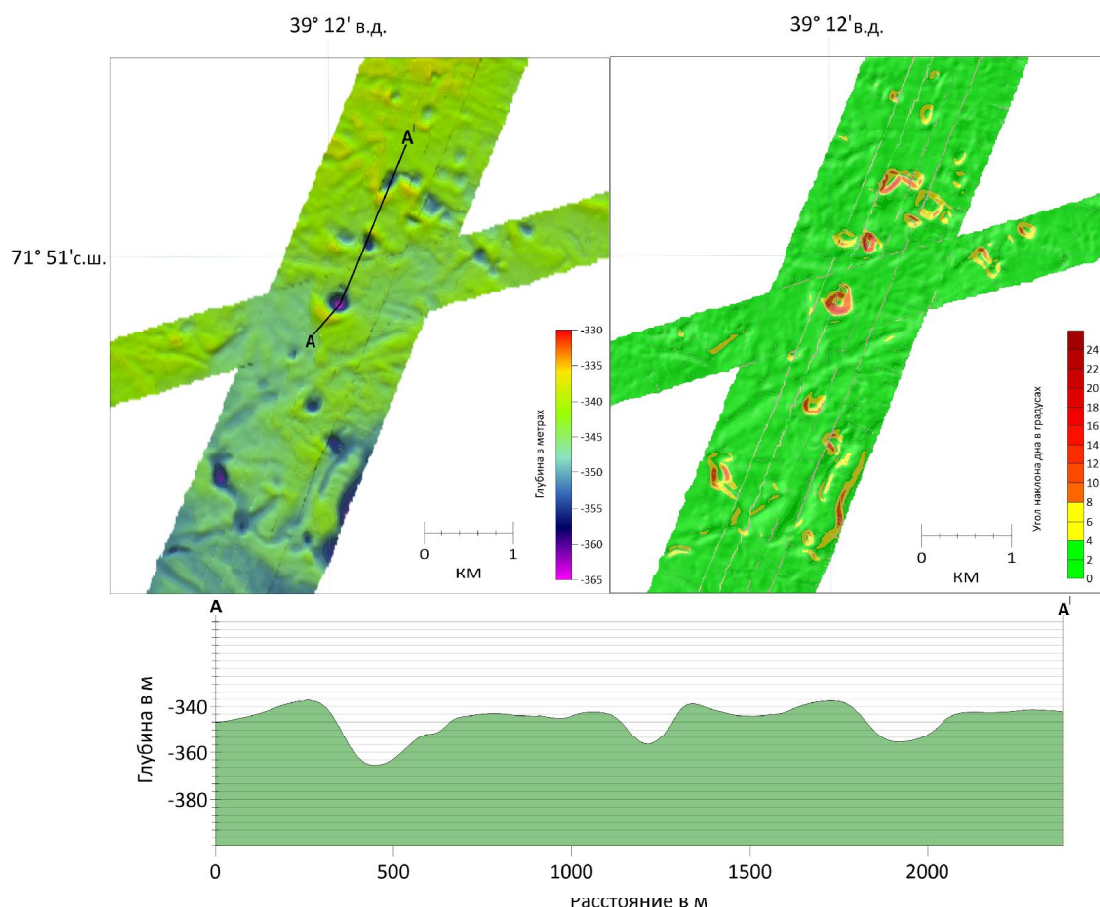


Рис. 6. Гигантские покмарки в Центральной впадине Баренцева моря, морфология и углы наклона поверхности дна (материалы 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов»)

Fig. 6. Morphology and slope angles of giant pockmarks in the Central-Barents Deep (28 cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» dataset)

сятся аномально большая относительная глубина дна (10–18 м) и крутостенные борты, с мощностью верхней пачки осадков до 5 м, по-видимому, указывает на то, что в процессе образования были затронуты нижележащие докайнозойские отложения. Практически полное отсутствие новейших осадков, выполняющих кратеры воронок, говорит об их позднеголоценовом возрасте, а также позволяет предполагать, что образование покмарок происходит в настоящее время и является ведущим геоморфологическим процессом в южной части шельфа Баренцева моря;

– в Центральной впадине Баренцева моря выявлены формы руслового генезиса, погребенные под голоценовыми осадками. Предполагается, что эрозивные формы относятся к системе палеодолины Печоры и ее притоков, существовавшей в доледниковое время на затопленной ныне площади шельфа. Хорошая сохранность форм флювиального рельефа

внутри предполагаемых границ последнего оледенения, а также отсутствие гляциальных комплексов рельефа позволяет сделать предположение, что распространение масс льда в последний ледниковый максимум имело фрагментарный характер и не затрагивало отдельные участки шельфа Баренцева моря;

– верхняя часть осадочного разреза в районе исследований представлена преимущественно четвертичными и неоген-четвертичными отложениями, соответствующими отложениям морского и ледово-морского генезиса. Максимальные мощности четвертичных отложений, достигающие 30 м, закартированы в Центральной впадине Баренцева моря. Минимальные значения мощности плейстоцен-голоценовых осадков отмечены на поверхностях свода Федьинского (до 1 м), где в ряде случаев наблюдается выход на поверхность пологонаклонных рефлексоров триасово-юрских пород.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проектам № 18-35-20060 и № 18-05-70040. Также авторы выражают свою искреннюю благодарность всему личному составу экспедиции 28 рейса НИС «Академик Николай Страхов» и программе «Плавучий университет» TTR-18 за кооперацию в организации работ и сборе данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Лист R-35-36. Масштаб 1:1 000 000. СПб: ВСЕГЕИ, 2004.
- Кративнер Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты. М.: ГЕОС, 2018. 320 с.
- Ласточкин А.Н. Подводные долины северного шельфа Евразии // Известия Всесоюзного географического общества. 1977. Том 109. № 5. С. 412–417.
- Матишов Г.Г. Рельеф, морфотектоника и основные черты развития шельфа Баренцева моря // Океанология. 1977. Т. XVII. Вып. 3. С. 490–496.
- Миронюк С.Г., Иванова А.А. Микро- и мезорельеф гляциального шельфа Западно-Арктических морей в свете новых данных // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 41–58.
- Мурдмаа И.О., Иванова Е.В. Последледниковая история осадконакопления в шельфовых впадинах Баренцева моря // Литология и полезные ископаемые. 1999. № 6. С. 576–595.
- Мусатов Е.Е. Палеодолины Баренцево-Карского шельфа // Геоморфология. 1998а. № 2. С. 28–33.
- Мусатов Е.Е. Структура кайнозойского чехла и неотектоника Баренцево-Карского шельфа по сейсмоакустическим данным // Российский журнал наук о Земле. 1998б. Т. 1. № 2. С. 157–183.
- Тарасов Г.А. Четвертичный осадочный чехол западно-арктического шельфа: литологическое строение, пространственное распределение // Вестник Кольского научного центра РАН. 5/2015. (21) С. 124–134.
- Яшин Д.С. Голоценовый седиментогенез арктических морей России // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. СПб.: ВНИИ Океангеология, 2000. Вып. 3. С. 57–67.
- Bjarnadottir L.R., Winsborrow M.C.M., Andreassen K. Large subglacial meltwater features in the central Barents Sea. *Geology*, 2017. 45(2), p. 159–162.
- Chand S., Thorsnes T., Rise L., Brunstad H., Stoddart D., Bøe R., Lågstad P., Svolsbru Multiple episodes of fluid flow in the SW Barents Sea (Loppa High) evidenced by gas flares, pockmarks and gas hydrate accumulation. *Earth and Planetary Science Letters*, 2012, vol. 331–332, p. 305–314. DOI: 10.1016/j.epsl.2012.03.021.
- Esteves M., Bjarnadottir L.R., Winsborrow M.C.M. et al. Retreat patterns and dynamics of the Sentralbankenna glacial system, central Barents Sea. *Quaternary Science Reviews*, 2017, vol. 169, p. 131–147. DOI: 10.1016/j.quascirev. 02017.06.004.
- Jakobsson M., et al. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0. *Geophys. Res. Lett.*, 2012, vol. 39, L12609. DOI:10.1029/2012GL052219.
- Judd A.G., Hovland M. Seabed Fluid Flow: The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. Cambridge University Press, Cambridge, 2007, 475 p.
- Landvik J.Y., Bondevik St., Elverhoi A. et al. The last glacial maximum of Svalbard and the Barents Sea area: ice sheet extent and configuration. *Quaternary Science Reviews*, 1998, vol. 17, p. 43–75.
- Larsen E., Kjer K.H., Demidov I.N., Funder S., Grsfjeld K. et al. Late Pleistocene glacial and lake history of northwestern Russia. *Boreas*, 2006. 35, p. 394–424.
- Newton A.M.W., Huuse M. Glacial geomorphology of the central Barents Sea: Implications for the dynamic deglaciation of the Barents Sea Ice Sheet. *Marine Geology*, 2017, vol. 387, p. 114–131. DOI: 10.1016/j.margeo.2017.04.001.
- Rise L., Bellec V.K., Chand S., Bøe R. Pockmarks in the southwestern Barents Sea and Finnmark fjords. *Norwegian Journal of Geology*, 2016, vol. 94, Is. 4, p. 263–282. ISSN 029-196X.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, Is. 11–13, p. 1229–1271. DOI: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008.

Поступила в редакцию 28.08.2019

После доработки 05.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

**Е.А. Мороз¹, Ю.А. Заражская², Е.А. Сухих³,
С.Ю. Соловьев⁴, А.В. Ермаков⁵, А.С. Абрамова⁶**

**RELIEF AND STRUCTURE OF THE UPPER PART
OF SEDIMENTARY COVER IN THE AREA
OF THE FEDYNSKY RISE ACCORDING TO ACOUSTIC DATA**

According to the analysis and interpretation of high-resolution acoustic data collected during 2011 marine expedition of the 28th cruise of the R/V «Akademik Nikolai Strakhov» in the southern part of the Russian sector of the Barents Sea shelf, the main genetic relief types were identified, and the thickness of the Quaternary sedimentary cover within the study area was determined. It has been established that the bottom area of the region under consideration is largely occupied by relic forms of aerial and subaerial origin, such as iceberg ploughmarks and pockmarks. Buried channel forms identified on acoustic sections in the Central Basin of the Barents Sea presumably belong to the Paleo-Pechora River drainage basin. Major

¹ Geological Institute of RAS, Laboratory of geomorphology and tectonics of the ocean bottom, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geology and Mineralogy; e-mail: morozzea@gmail.com

² Geological Institute of RAS, Laboratory of geomorphology and tectonics of the ocean bottom, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geology and Mineralogy; e-mail: geozar@yandex.ru

³ Geological Institute of RAS, Laboratory of heat and mass transfer, Scientific Researcher; e-mail: sukhikh_ea@mail.ru

⁴ Geological Institute of RAS, Laboratory of geomorphology and tectonics of the ocean bottom, Head of the Laboratory, PhD. in Physics and Mathematics; e-mail: sysokolov@yandex.ru

⁵ Geological Institute of RAS, Laboratory of heat and mass transfer, Scientific Researcher; e-mail: a.v.ermakov@gmail.com

⁶ Geological Institute of RAS, Laboratory of geomorphology and tectonics of the ocean bottom, Junior Scientific Researcher; e-mail: abramanastas@gmail.com

patterns of the spatial distribution of various mezo- and microrelief types are considered, as well as their geomorphologic association to pre-Quaternary planation surfaces.

Key words: multi-beam bathymetry, seismoacoustics, geomorphology of the Arctic shelf, Quaternary deposits, paleo-valleys, pockmarks, iceberg ploughing

Acknowledgements. The work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects № 18-35-20060 and 18-05-70040). The authors are also sincerely grateful to the personnel of the 28th cruise R/V «Akademik Nikolaj Strakhov» and to the Floating University Program TTR-18 for cooperation in the organization of work and data collection.

REFERENCES

- Bjarnadottir L.R., Winsborrow M.C.M., Andreassen K. Large subglacial meltwater features in the central Barents Sea. *Geology*, 2017, no. 45(2), p. 159–162.
- Chand S., Thorsnes T., Rise L., Brunstad H., Stoddart D., Bøe R., Lågstad P. Svolsbru Multiple episodes of fluid flow in the SW Barents Sea (Loppa High) evidenced by gas flares, pockmarks and gas hydrate accumulation. *Earth and Planetary Science Letters*, 2012, vol. 331–332, p. 305–314. DOI:10.1016/j.epsl. 2012.03.021.
- Esteves M., Bjarnadottir L.R., Winsborrow M.C.M. et al. Retreat patterns and dynamics of the Sentralbankrenna glacial system, central Barents Sea. *Quaternary Science Reviews*, 2017, vol. 169, p. 131–147. DOI:10.1016/j.quascirev. 2017.06.004.
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federacii. [State geological map of the Russian Federation] List R-35-36. Mashtab 1:1000 000. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2004. (In Russian)
- Jakobsson M. et al. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean (IBCAO) Version 3.0. *Geophys. Res. Lett.*, 2012, vol. 39, L12609. DOI:10.1029/2012GL052219.
- Judd A.G., Hovland M. Seabed Fluid Flow: The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment. Cambridge University Press, Cambridge, 2007, 475 p.
- Krapivner R.B. Krizis lednikovoy teorii: argumenty i fakty. [The crisis of glacial theory: arguments and facts] Moscow, GEOS Publ., 2018, 320 p. (In Russian)
- Landvik J.Y., Bondevik St., Elverhøi A. et al. The last glacial maximum of Svalbard and the Barents Sea area: ice sheet extent and configuration. *Quaternary Science Reviews*, 1998, vol. 17, p. 43–75.
- Larsen E., Kjør K.H., Demidov I.N., Funder S., Grsfjeld K. et al. Late Pleistocene glacial and lake history of northwestern Russia. *Boreas*, 2006, 35, p. 394–424.
- Lastochkin A.N. Podvodnye doliny severnogo shelfa Evrazii [Submarine valleys of the northern shelf of Eurasia] *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva* [Proceedings of the All-Union Geographical Society], 1977, vol. 109, no. 5, p. 412–417. (In Russian)
- Matishov G.G. Relief, morfotektonika i osnovnye cherty razvitiya shelfa Barentseva moray [Relief, morphotectonics and main features of development of the Barents Sea shelf]. *Okeanologiya*, 1977, vol. XVII, Is. 3, p. 490–496. (In Russian)
- Mironyuk S.G., Ivanova A.A. Mikro- i mezorel'ef glyatsial'nogo shel'fa Zapadno-Arkticheskikh morey v svete novykh dannykh [Micro and mesorelief of the glacial shelf of Western Arctic seas in light of new data] *Byulleten' Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*, 2018, no. 76, p. 41–58. (In Russian)
- Murdmaa I.O., Ivanova E.V. Poslelednikovaya istoriya osadkonakopleniya v shel'fovykh vpadinah Barentseva morya [Postglacial history of sedimentation in shelf basins of the Barents Sea]. *Litologiya i poleznye iskopaemye*, 1999, no. 6, p. 576–595. (In Russian)
- Musatov E.E. Paleodoliny Barentsevo-Karskogo shel'fa [Paleo-valleys of the Barents-Kara shelf]. *Geomorfologiya*, 1998a, no. 2, p. 28–33. (In Russian)
- Musatov E.E. Struktura kaynozoysskogo chehla i neotektonika Barentsevo-Karskogo shelfa po seismoakusticheskim dannym [Structure of the Cenozoic cover and neotectonics of the Barents-Kara shelf according to seismoacoustic data]. *Rossiyskiy jurnal nauk o Zemle*, 1998b, vol. 1, no. 2, p. 157–183. (In Russian)
- Newton A.M.W., Huuse M. Glacial geomorphology of the central Barents Sea: Implications for the dynamic deglaciation of the Barents Sea Ice Sheet. *Marine Geology*, 2017, vol. 387, p. 114–131. DOI: 10.1016/j.margeo.2017.04.001.
- Rise L., Bellec V.K., Chand S., Bøe R. Pockmarks in the southwestern Barents Sea and Finnmark fjords. *Norwegian Journal of Geology*, 2016, vol. 94, Is. 4, p. 263–282. ISSN 029-196X.
- Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 2004, vol. 23, Is. 11–13, p. 1229–1271. DOI:10.1016/j.quascirev.2003.12.008.
- Tarasov G.A. Chetvertichnyy osadochnyy chekhol zapadno-arkticheskogo shel'fa: litologicheskogo stroyeniye, prostranstvennoye raspredeleniye [Quaternary sedimentary cover of the Western Arctic shelf: lithological structure, and spatial distribution]. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 5/2015 (21), p. 124–134. (In Russian)
- Yashin D.S. Golocenoviy sedimentogenez arkticheskikh morey Rossii [Holocene sedimentogenesis of the Arctic seas of Russia]. *Geologo-geofizicheskie harakteristiki litosfery Arkticheskogo regiona*. St. Petersburg, VNIIOkeangeologiya Publ., 2000, Is. 3, p. 57–67. (In Russian)

Received 28.08.2019

Revised 05.10.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 911.2+9; 631.435

С.В. Солодянкина¹, Т.И. Знаменская², Ю.В. Вантеева³, М.Ю. Опекунова⁴

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕТРОВОЙ И ВОДНОЙ ЭРОЗИИ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ ПРИОЛЬХОНЬЯ

В результате полевых экспериментальных исследований 2015–2018 гг. в степных ландшафтах Приольхонья получен ряд количественных характеристик процессов водной и ветровой эрозии. Определены количество и свойства переносимых частиц, а также собраны данные для статистического анализа факторов, влияющих на развитие эрозионных процессов.

Ключевые слова: эксперимент, эрозионные процессы, учет переноса вещества, рекреационное воздействие, статистический анализ

Введение. Водная и ветровая эрозия почв является на сегодняшний день одной из актуальнейших международных проблем, особенно в засушливых регионах. Несмотря на то, что за последние несколько десятков лет накоплен большой опыт в моделировании эрозионных процессов, ощущается нехватка моделей, которые адекватно описывают эрозию почв для различных природно-климатических условий. Для их разработки и проверки требуется большой объем данных натурных наблюдений и экспериментальных измерений в различных условиях [Керженцев с соавт., 2006].

На сегодняшний день разработано огромное количество различных экспериментальных методик исследования как ветровой, так и водной эрозии. Для выявления факторов, влияющих на развитие эрозии, и количественного измерения объемов переносимого вещества чаще используют различные пыле- и пескоуловители, ловушки наносов, фильтры, счетчики для регистрации перемещения почвенных частиц и т. п. [Hai et al., 2009; Webb et al., 2015]. Для исследования водной эрозии широко применяются методы стоковых площадок и искусственного дождевания в различных природных комплексах [Grismer, 2012]. Перечисленные методы позволяют с той или иной точностью оценить потери почвы, т. е. последствия эрозии.

Территория Приольхонья (центральная часть западного побережья оз. Байкал, юг Восточной Сибири), выбранная в качестве объекта исследования, подвержена развитию интенсивных процессов денудации [Агафонов, 1990], которые в настоящее время усугубляются активной рекреационной деятельностью, развивающейся со второй половины прошлого века. С 1960-х гг. в рамках комплексных физико-географических исследований на стационарах Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР накоплен богатый фактический материал по региональным особенностям и интен-

сивности эоловой миграции вещества на юге Сибири [Баженова, 2018]. Выявлено, что в степных ландшафтах Приольхонья за год (через метровое сечение ширины наветренного склона) ветром переносится до 300–700 г мелкозема [Агафонов, 2002]. Скорость смыва почвы вследствие водной эрозии на степных склонах (крутизной от 20 до 40–45°) Приольхонья и о. Ольхон составляет 0,0073 и 0,0011 мм/год соответственно [Баженова с соавт., 1998]. По данным экспериментальных исследований Б.П. Агафопова [1990] происходит снос преимущественно мелкопесчаной фракции.

Для данной территории существует необходимость мониторинга эрозионных процессов и количественного учета переноса вещества. Полученные экспериментальные данные на локальном уровне ландшафтных исследований и рассчитанные показатели зависимости водной и ветровой эрозии от геосистемных характеристик в Приольхонье позволяют сделать прогноз развития изучаемых процессов и обосновать размещение и выбор природоохранных мер.

Объект исследования. Территория исследования расположена в северной части Приольхонского плато. Климат засушливый с умеренно теплым летом и умеренно холодной малоснежной зимой [Трофимова, 2002]. Годовое количество осадков составляет 200–300 мм. Большая их часть выпадает в летний период (июль–август) в виде ливней. Глубина снежного покрова варьирует от 0 (в результате выдувания) до 15 см. Среднегодовая температура воздуха составляет –1 °С, относительная влажность – 63%. Средняя скорость ветра 5,4 м/с, иногда достигает скорости урагана (20–30 м/с). Летом в связи с местным антициклональным полем развиваются бризовая и горно-долинная циркуляции [Семенов с соавт., 2004].

Рельеф Приольхонья представляет собой денудационный мелкосопочник с абсолютными высота-

¹ Институт географии В.Б. Сочавы СО РАН, лаборатория теоретической географии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: solodyankinasv@mail.ru

² Институт географии В.Б. Сочавы СО РАН, лаборатория геохимии ландшафтов и географии почв, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: tiznam@mail.ru

³ Институт географии В.Б. Сочавы СО РАН, лаборатория теоретической географии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: ula.vant@mail.ru

⁴ Институт географии В.Б. Сочавы СО РАН, лаборатория геоморфологии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: opekunova@irigs.irk.ru

ми 456–989 м и глубиной эрозионного вреза котловин 100–200 м. Отличительной чертой элементов рельефа является прямолинейность, подчиненность общей структуре зоны динамического влияния Приморского разлома. На описываемой территории это узкие вытянутые гребни, гряды, холмы. Останцы сложены устойчивыми к выветриванию породами (пегматитами, амфиболитами, гнейсами). Маловодные и сухие долины расчленяют территорию на систему изолированных мелких котловин и изометрических возвышенностей.

Почвенный покров территории не сплошной, а фрагментарный. По рельефу, динамичности и грубообломочности субстрата формирование почв с полноразвитым профилем на крутых склонах крайне затруднено. Доминируют почвы, имеющие ряд особенностей: легкий гранулометрический состав, высокую скелетность, слабую оструктуренность и водопрочность, распыленность, невысокое содержание гумуса, наличие водоупора на небольшой глубине.

Приольхонье отличается своеобразием природных ландшафтов. Здесь широкое распространение получили экстрazonальные степи в сочетании со светлохвойными лесами: разнотравно-типчаковые, низкотравные и разнотравно-ковыльные степи с караганой, лиственничные редколесья с кизильником разнотравно-злаковые или разнотравно-полынные на петроземах или серогумусовых сильно скелетных почвах с выходами горных пород. В межгорных и приозерных понижениях – заболоченные разнотравно-осоковые луговины на аллювиальных темногумусовых почвах.

В районе исследования развит широкий спектр экзогенных рельефообразующих процессов – обвалы и осыпи, карст, дефляция, сели, эрозия. Доминирующими по характеру и типу распространения становятся процессы линейного размыва, а также дефляции, так как их развитие тесно связано с воз-

растающей антропогенной (рекреационной) нагрузкой [Агафонов, 1990; Опекунова, Макаров, 2018]. Степная территория позволяет передвигаться на машинах без дорог в различных направлениях. В результате формируется целая сеть нарушенных участков с образованием глубоких промоин (рис. 1).

Методы исследования. Для исследования был выбран ключевой участок площадью 20 км², расположенный на юго-восточном побережье залива Мухор (рис. 2). В 2015–2018 гг. на нем производились экспериментальные исследования процессов денудации в совокупности с почвенными и ботаническими описаниями в разных группах фаций. На тестовых площадках фиксировались координаты, определялись характеристики местоположения и особенности рельефа (уклон, экспозиция, характер микрорельефа), растительности (ярусная структура, проективное покрытие видов, высота и пр.), почв (мощность профиля, гранулометрический состав, цвет, структура, плотность и пр.) и водного режима общепринятыми методами.

Для характеристики литологического состава горных пород в аридных горных условиях Приольхонья с маломощным чехлом рыхлых отложений важным косвенным показателем устойчивости геосистем является скорость денудации, определяющаяся скоростью выветривания (т. е. разрушение и изменение горных пород и минералов совокупностью физических, химических, биологических и др. процессов за определенный период времени), которая по данным В.М. Будза и Ю.Б. Тржцинского [1968] в пределах ключевого участка изменяется от 0,2 до 0,75 см/год, и коэффициентом выветрелости пород (отношение плотности выветрелого грунта к плотности неветрелого) [Золотарев, 1971], варьирующим на территории исследования от 0,21 до 0,97 [Пеллинен, Козырева, 2019]. Для оценки интенсивности линейной эрозии определялась расчлененность территории эрозионными формами с по-

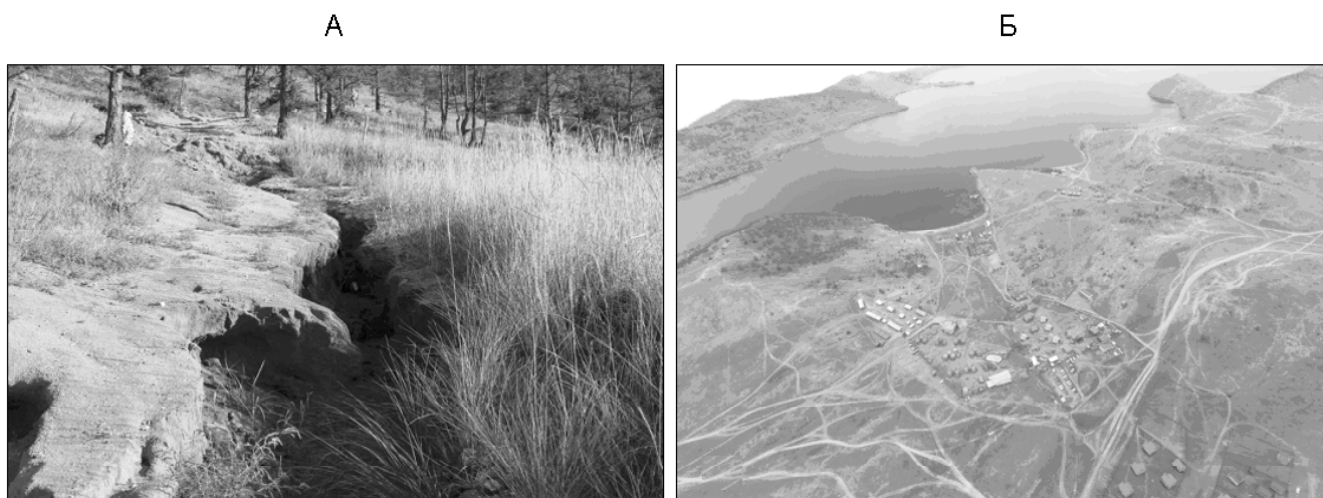


Рис. 1. Процессы линейного размыва вдоль грунтовых дорог: А – овражная эрозия вдоль дороги; Б – сеть дорог (фото С.А. Макарова)

Fig. 1. Linear erosion processes along earth roads: А – gully erosion along the road; Б – road network (photo by S.A. Makarov)

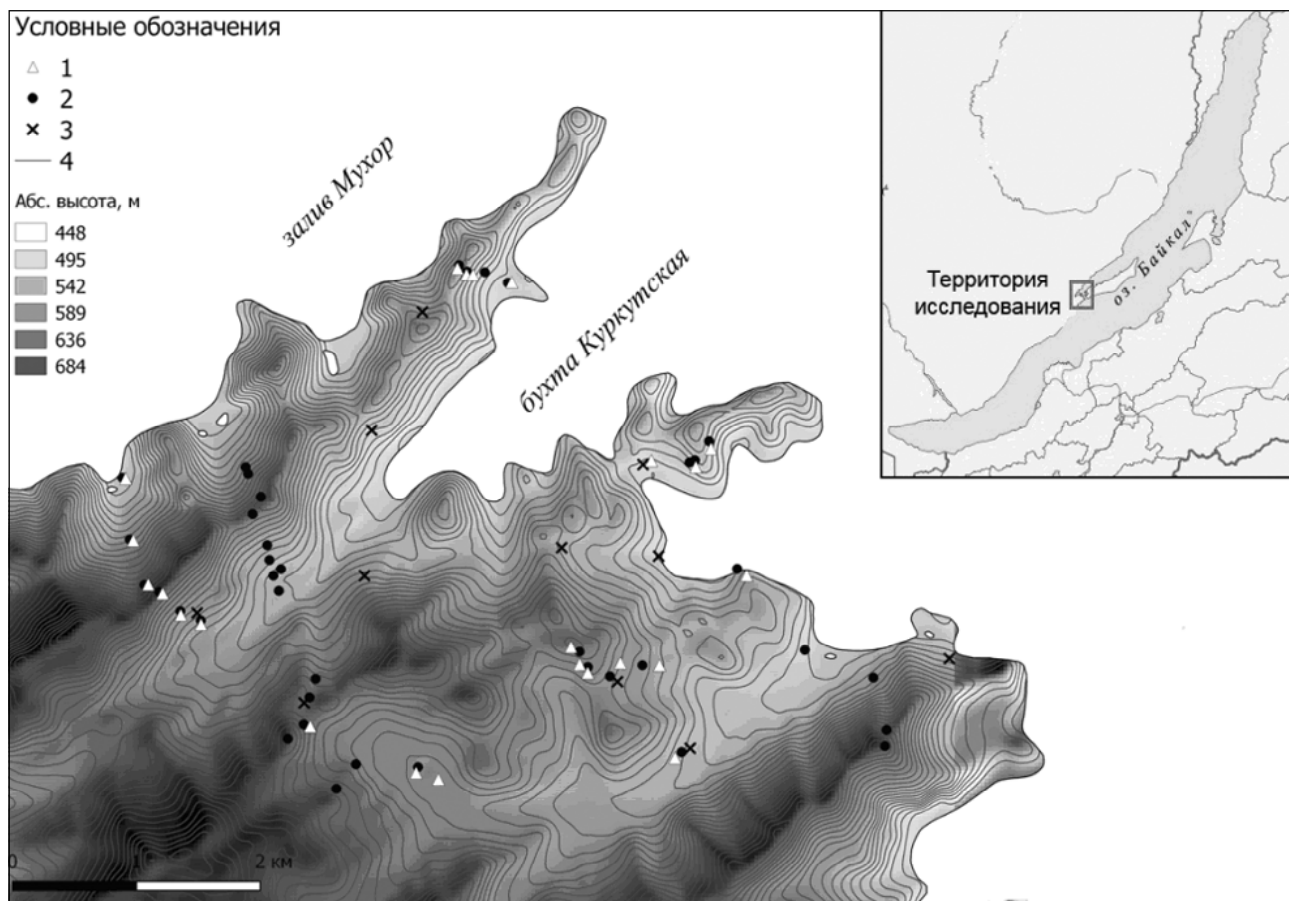


Рис. 2. Расположение ключевого участка исследования (подложка – ЦМР, построенная по данным SRTM, разрешение 30 м): 1 – экспериментальные измерения методом дождевания, 2 – измерения концентрации частиц счетчиком, 3 – экспериментальные измерения ловушками (пылеулавливателями), 4 – горизонтали с высотой сечения 10 м

Fig. 2. Location of the study area (background is the DEM constructed according to SRTM, resolution 30 m). Legend: 1 – experimental measurements by rainfall simulator, 2 – measurements of particle concentration by a counter, 3 – experimental measurements with traps (dust collectors), 4 – contour lines with 10 m interval

мощью учета новых промоин и изменения их морфометрических показателей. Измерение скорости роста вершин и отступления бровок промоин производилось с помощью реперов. Первые данные таких измерений показали, что расширение крупных промоин происходит в основном за счет процессов отседания, обрушения и разрушения блоков грунта в их боковых уступах, в результате чего происходит также уменьшение глубины эрозионных форм. Скорость таких процессов достигает 10 см/год и наиболее интенсивно они проявляются в приустевых частях крупных промоин. Для оценки интенсивности процессов и объемов переносимого материала в пределах промоин пока не хватает фактических данных.

Измерение переноса терригенного материала дождевыми осадками проводилось методом дождевания с помощью специально собранной установки (рис. 3), улавливающей переносимый поверхностным стоком мелкозем [Znamenskaya et al., 2018]. Количественный учет сносимой ветром почвы осуществлялся с применением комплекса ловушек (пылеуловителей) на разных высотах (табл. 1), а также счетчика частиц (модель DT-9880) (табл. 2) и цифрового термоанемометра (DT-618). Вкапыва-

лась стальная труба с площадью сечения на поверхности 1500 см², а на высотах 30, 60 и 90 см над поверхностью земли закреплялись три пластиковые емкости с общей площадью поверхности 143 см² (см. рис. 3). Уловленное вещество взвешивалось, определялись размеры частиц. Для определения сравнительных (относительных) оценок взвешенного вещества в приземном слое воздуха проводился пересчет количества переносимого вещества на 1 м³ за сутки с шагом в 1 см. Показания наземной ловушки приняты для диапазона 0–10 см от поверхности земли, на высоте 30 см – для диапазона 11–45 см, на высоте 60 см – для диапазона 46–75 см, на высоте 90 см – для диапазона 76–100 см (см. табл. 1).

Результаты и обсуждения. В результате полевых и экспериментальных исследований получен ряд количественных характеристик процессов водной и ветровой эрозии, сформирована база данных экспериментальных измерений (см. табл. 1, 2) за четырехлетний период наблюдений, включающая основные параметры отдельных компонентов ландшафта (почвенного и растительного покрова) и метеоусловий. Всего выполнено 36 измерений методом дождевания, 70 – счетчиком частиц и 11 – ловушками (см. рис. 2).



Рис. 3. Комплекс методов измерения процессов денудации

Fig. 3. Complex of methods for measuring denudation processes

Метод искусственного дождевания для исследования водной эрозии широко применяется, но имеет ряд ограничений, которые не позволяют получить абсолютные оценки потери почв из-за ограниченных размеров площадок дождевания (длина составляет 0,5–3 м). Вследствие чего глубина водного потока на таких площадках не может превышать нескольких миллиметров, тогда как в реальных условиях она достигает нескольких сантиметров и более. Как отмечает ряд авторов [Grismer, 2011; Лисецкий, 2012 и др.], применение метода искусственного дождевания корректно использовать для исследования отдельных элементов эрозионно-аккумулятивного процесса, например, разрушения верхнего слоя почвы под действием дождя, установ-

ление зависимостей между инфильтрационными свойствами почвы, интенсивностью и продолжительностью дождя, исследования влияния различных мелиорационных мер и т. д.

В рамках нашего исследования получены относительные количественные показатели водной эрозии, позволившие проанализировать зависимость этого процесса от ландшафтных характеристик территории [Znamenskaya et al., 2018]. Проведенный статистический анализ собранных данных по водной эрозии показал, что основными факторами, влияющими на развитие данного процесса в Приольхонье, являются крутизна склона и характерное для этой территории большое количество песка мелкой фракции в верхнем горизонте почвы.

Таблица 1

Итоги экспериментального измерения денудации

Группа фаций ¹	Масса уловленного вещества в ловушках (г)					Дождевание (г/м ² за 10 мин. полива)*
	0 см	30 см	60 см	90 см	в 1 м ³	
Привершинные и склоновые разнотравно-типчаковые и низкотравные иногда с караганой степи с выходами горных пород	0,18	0,01	0,01	0,01	74,6	0,1–0,4
Склоновые карагановые злаково-разнотравно-осочковые степи	0,11–0,22	0,01	0,02	0,02	125,9	0,4–27,8
Склоновые разнотравно-типчаковые степи	0,03–0,73	0,01–0,02	0,004–0,04	0,0–0,02	53,9–193,8	0,1–3,5
Склоновые разнотравно-ковыльные степи	0,02	0,06	0,01	0,001	162,7	–
Пологих склонов и межгорных понижений разнотравно-злаковые степи	0,1–1,34	0,02–0,04	0,01–0,02	0,001–0,01	156,8–245,3	1,3
Селитебные	0,25–0,31	0,01	0,01	0,02	93,5	8,2–33,2

*Примечание — данные по дождеванию приводятся в соответствии с ранее опубликованной работой [Znamenskaya et al., 2018].

¹ Группы фаций приведены в соответствии с ландшафтной картой [Вантеева, 2018].

Таблица 2

Максимальные и минимальные концентрации частиц

Группа фаций	Высота, м	Концентрация частиц в воздухе 14–20.09.2017					
		0,3	0,5	1	2,5	5	10
Склоновые разнотравно-ковыльные степи	0,5	73–478	13–128	8–44	0–6	0–2	0–1
	1,5	64–143	18–92	0–24	0–2	0	0
Селитебные	0,5	935–10 777	148–2 603	24–340	2–56	1–21	0–13
	1,5	544–41 914	215–7 764	21–729	1–73	0–17	0–4

Исследование дефляции проводилось с помощью комплекса ловушек. Так как перемещение почвенных частиц при ветровой эрозии происходит несколькими способами: перекачиванием или скольжением по поверхности почвы, перемещением скачкообразно и передвижением во взвешенном состоянии, то и приборы подбираются соответствующие. Установка ловушек совместно с пылеуловителями на разных высотах позволили сделать относительную количественную оценку объемов переноса почвы. Значения на площадках варьируют в пределах от 54 до 245 г/м³. Множественный регрессионный анализ данных, полученных с наземных ловушек, подтвердил, что влияющими факторами являются скорость ветра, относительная влажность воздуха и крутизна склона ($R^2=0,8$ с достоверностью $p=0,007$). Измеренное счетчиком количество частиц размером 10 и 5 мкм и уловленное вещество ловушкой на высоте 90 см связаны с парными коэффициентами корреляции 0,72 и 0,76 соответственно. Статистический анализ влияния имеющихся метеорологических и почвенных показателей на перенос, уловленный на высоте 60 см, выявил высокую положительную парную корреляцию с плотностью почвы и с содержанием фракций мелкого песка, средней и мелкой пыли в верхнем горизонте почвы. На высоте 90 см – с плотностью почвы и содержанием фракции средней пыли в верхнем горизонте почвы (табл. 3). Анализ гранулометрических

фракций уловленного материала показал, что 82% составляет мелкопесчаная фракция, 16,5% – крупный песок и 1,5% – фракции размером более 1 мм, уловленные в основном наземными ловушками. Проведенные ранее экспериментальные исследования в степях Приольхонья [Баженова, 2018] показали, что во время штормовых ветров в движение вовлекаются дресва и мелкая щебенка, что согласуется с полученными результатами.

Сравнивая измерения, выполненные счетчиком частиц, в разные годы и периоды, выявлено, что показания сильно варьируют (на порядок), в то время как показания, снятые в один период наблюдения в течение нескольких дней, изменяются в минимальных пределах. Счетчик измеряет содержание взвешенных твердых частиц размером от 0,3 до 10 мкм, характерным для аэрозолей в атмосфере. На показания счетчика влияет прозрачность атмосферы, меняющаяся не только в зависимости от сезона года, но и уровня загрязнения аэрозолями в определенный период. В качестве дополнительного эксперимента проведены измерения счетчиком до и после проезда машины по грунтовой дороге со скоростью 37 км/ч на расстоянии 2 м от дороги. Зафиксировано увеличение содержания пыли на высоте 1,5 м в 1000 раз (табл. 4).

Для анализа данных, полученных счетчиком частиц, необходимо учитывать влияние спонтанных выбросов загрязнений (автотранспорт, печное отопление) и прозрачности атмосферы. В связи с этим данные, полученные в разные периоды, анализировались по отдельности и измерения проводились в фоновых условиях.

Для выявления факторов, оказывающих влияние на концентрацию частиц в воздухе вследствие ветровой эрозии, выполнен множественный регрессионный анализ данных, полученных в 2017 г. с помощью счетчика частиц на высотах 0,5; 1,5 и 2,0 м от поверхности земли в двукратной повторности и набора параметров, собранных в ходе полевых работ на тестовых площадках: скорость ветра (максимальная и средняя, м/с), относительная влажность воздуха (%), температура воздуха (°C), проективное покрытие травянистого и древесного ярусов (%), крутизна склона (°), содержание в верхнем горизонте почвы фракций песка и пыли, каменистость, плотность почвы. В качестве дополнительного параметра по данным мультиспектральной космической

Таблица 3

Парные коэффициенты корреляции

Высота ловушек от поверхности земли	X	R
0 см	Каменистость, %	–0,7
30 см	Фракция 0,05–0,01 мм, %	0,69
60 см	Почвенный углерод, %	0,93
60 см	Плотность почв, г/см ³	0,87
60 см	Фракция 0,25–0,05, %	–0,77
60 см	Фракция 0,01–0,005, %	0,78
60 см	Фракция 0,005–0,001, %	0,85
60 см	Физический песок, %	–0,81
60 см	Физическая глина, %	0,81
90 см	Плотность почв, г/см ³	0,77
90 см	Фракция 0,01–0,005, %	0,82
90 см	Физический песок, %	–0,78
90 см	Физическая глина, %	0,78

Таблица 4

Количество частиц в 0,5 л воздуха до и после проезда автомобиля

Размер частиц (мкм)	10	5	2,5	1	0,5	0,3
До (скорость ветра 2,3–3,1 м/с)	2	7	22	107	985	4 383
После	2 187	4 579	11 935	26 707	106 201	236 915

съемки (Sentinel-2, от 30 сентября 2017 года) рассчитан почвенный вегетационный индекс SAVI. В ходе пошагового статистического анализа показатели с уровнем значимости $p > 0,05$ из анализа исключались. Для определения факторов, оказывающих наибольшее влияние на концентрацию частиц в воздухе, рассчитывались бета-коэффициенты (β). Согласно результатам регрессионного анализа, на высоте 0,5 м на увеличение концентрации частиц размером 0,3; 0,5 и 2,5 мкм в воздухе наибольшее положительное влияние оказывают количество ила в верхнем горизонте почвы ($\beta = 0,56, 0,58$ и $0,47$ соответственно) и крутизна склона ($\beta = 0,49, 0,41$ и $0,40$), отрицательно – каменистость почвы ($\beta = -0,43, -0,38$ и $-0,36$) и проективное покрытие травянистого покрова ($\beta = -0,40, -0,44$ и $-0,45$). Положительное влияние относительной влажности атмосферного воздуха для частиц 0,3 и 0,5 мкм ($\beta = 0,33$ и $0,31$) и средней скорости ветра для частиц 2,5 мкм ($\beta = 0,27$) выражено слабее. Концентрация частиц размером 1 мкм связана с более широким набором факторов: наибольший положительный вклад с разной степенью влияния вносит количество песка и пыли различных фракций в верхнем горизонте почвы (мелкий песок ($\beta = 40,9$), крупная пыль ($\beta = 22,7$), средний и крупный песок ($\beta = 19,1$), ил ($\beta = 10,9$), средняя и мелкая пыль ($\beta = 8,5$ и $8,1$)). Менее выражено влияние крутизны склона, каменистости и плотности почвы, проективного покрытия древесного и травянистого покрова и средней скорости ветра. Для более крупных частиц 5 и 10 мкм соотношение влияющих факторов меняется, и основной вклад вносят крутизна склона, каменистость почвы, проективное покрытие травянистого покрова, количество ила в верхнем горизонте почвы, для частиц размером 10 мкм – также и средняя скорость ветра.

На высоте 1,5 м сохраняется преобладающее положительное влияние количества ила в верхнем горизонте почвы на увеличение концентрации частиц размером 0,3; 1,0; 2,5 и 5 мкм. Значительное отрицательное влияние оказывает проективное покрытие травянистого покрова, причем для частиц размером 2,5 и 5 мкм – этот параметр вносит наи-

больший вклад. Влияние каменистости почвы, крутизны склона и относительной влажности атмосферного воздуха на данной высоте выражено преимущественно для частиц размером 0,3 мкм. С увеличением высоты (2 м от поверхности земли) соотношение влияющих факторов несколько меняется и преобладающее положительное влияние на изменение концентрации частиц 0,3 и 0,5 мкм оказывает крутизна склона, а для частиц размером 1 мкм – количество песка и пыли различных фракций в верхнем горизонте почвы (β от 7,3 до 39,2). Для более крупных частиц 5 и 10 мкм на высотах 1,5–2 м не удалось выявить достоверной зависимости. Интересно отметить, что не выявлено какой-либо достоверной связи с индексом SAVI. В данном случае проективное покрытие растительного покрова, определенное в полевых условиях, оказывается более значимым фактором.

Выводы:

– почти во всех типах почв Приольхонья отсутствует или содержится очень малое количество водопроходной структуры. В условиях постоянной антропогенной нагрузки происходит возрастание количества наиболее эрозионно опасных частиц диаметром менее 0,5 мм. В результате дефляции механический состав почв изменяется на одну или две градации в сторону опесчанивания;

– на сегодняшний день именно наземный транспорт является самым сильным фактором, повышающим интенсивность денудации в Приольхонье. Линейная эрозия развивается в большинстве случаев по дорогам, проложенным по тальвегам древней ложинно-ложбинной сети. Легкий субстрат и разреженный растительный покров предопределяют ее активизацию;

– на следующем этапе исследования и оценки денудации целесообразно добавить наблюдения за гравитационно-склоновыми и криогенно-склоновыми процессами перемещения вещества;

– методики, применяемые для оценки ветровой эрозии, очень трудоемки и не дают абсолютных значений потерь почвы в результате эрозионных процессов.

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (АААА-А17-117041910167-0, АААА-А17-117041910169-4 и АААА-А17-117041910171-7) при финансовой поддержке РФФИ (№ 17-05-00588) и РГО (№ 17-05-41020 РГО-РФФИ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агафонов Б.П. Экзолигодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1990. 176 с.
- Агафонов Б.П. Ветровой литопоток из озера Байкал // Доклады РАН. 2002. Т. 382. № 5. С. 688–691.
- Баженова О.И., Любцова Е.М., Рыжов Ю.В., Макаров С.А. Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1998. 201 с.
- Баженова О.И. Сибирская школа экспериментальной геоморфологии // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 23–32.
- Будз М.Д., Тржцинский Ю.Б. Выветривание. Инженерная геология Прибайкалья. М.: Наука, 1968. С. 90–94.
- Вантеева Ю.В. Факторальная структура и природные функции прибрежных геосистем Прибайкалья: автореф. дис. ... канд. геогр. н. Иркутск: ИГ СО РАН, 2018. 24 с.
- Золотарев Г.С. Современные задачи инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания // Вопросы инженерно-геологического изучения процессов и кор выветривания. [Сб. науч. тр.]. М., 1971. С. 4–25.
- Керженцев А.С., Майснер Р., Демидов В.В., Олеш Г., Сухановский Ю.П., Волокитин М.П., Кистнер И., Коломийцев Н.В., Роде М., Сон Б.К., Быховец С.С., Демин Д.В., Пискунов А.Н., Ильина Т.А., Киселева О.Е. Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна. М.: Наука, 2006. 224 с.
- Лисецкий, Ф.Н. Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
- Опекунова М.Ю., Макаров С.А. Оценка опасных геологических процессов при рекреационно-туристской деятельности в Прибайкалье (Иркутская область) // Современные проблемы сервиса и туризма. Научно-практический журнал. Том 12. № 3. 2018. С. 121–132.
- Пеллинен В.А., Козырева Е.А. Коэффициент выветрелости горных пород как показатель устойчивости геологической среды (на примере острова Ольхон) // Тр. XXVIII Всерос. молодежной конф. «Строение литосферы и геодинамика». Иркутск: ИЗК СО РАН, 2019. С. 126–127.
- Трофимова И.Е. Типизация и картографирование климатов Байкальской горно-котловинной системы // География и природные ресурсы. 2002. № 2. С. 53–61.
- Семенов Ю.М., Антипов А.Н., Буфал В.В. и др. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район. Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2004. 147 с.
- Grismer M.E. Standards vary in studies using rainfall simulators to evaluate erosion. California Agriculture. 2012, vol. 66, no. 3, p. 102–107.
- Hai C.X., Liu B., Zhao Y., Du P.F., Yuan X.Y., Jiang H.T., Zhou R.R., Wang J. A New Instrument for Testing Wind Erosion by Soil Surface Shape Change. *Applied and Environmental Soil Science*, vol. 2009, p. 1–3. DOI:10.1155/2009/491570.
- Znamenskaya T.I., Vanteeva Yu.V., Solodyankina S.V. Factors of the Development of Water Erosion in the Zone of Recreation Activity in the Ol'khon Region. *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 2, p. 228–235.
- Электронные ресурсы
- Grismer M.E. Rainfall Simulation Studies – A Review of Designs, Performance and Erosion Measurement Variability, 2011. [Электронный ресурс]: URL: <http://docplayer.net/43734657-Rainfall-simulation-studies-a-review-of-designs-performance-and-erosion-measurement-variability.html> (дата обращения 30.04.2013).
- Webb N., Herrick J., Van Zee J., Hugenoltz C., Zobeck T., Okin G., Standard Methods for Wind Erosion Research and Model Development, 2015. [Электронный ресурс]: URL: <https://winderosionnetwork.org/files/NetworkManual.pdf> (дата обращения 15.05.2017).

Поступила в редакцию 09.01.2019

После доработки 20.09.2019

Принята к публикации 01.11.2019

S.V. Solodyankina¹, T.I. Znamenskaya²,
Yu.V. Vanteeva³, M.Yu. Opekunova⁴

EXPERIMENTAL STUDIES OF WATER EROSION AND DEFLATION IN STEPPE LANDSCAPES OF THE PRIOL'KHONIE

A number of quantitative characteristics of water erosion and deflation processes has been obtained as a result of 2015–2018 field experimental studies within the Priol'khonie steppe landscapes. The amount of transferred particles and their characteristics were determined. Necessary data for statistical analysis of factors influencing the erosion processes were collected.

Key words: experiment, erosion processes, mass transfer accounting, recreation impact, statistical analysis

Acknowledgements. The work was carried out with financial support of state assignment (AAAA-A17-117041910167-0, AAAA-A17-117041910169-4 и AAAA-A17-117041910171-7) the Russian Foundation for Basic Research (project № 17–05–00588) and the Russian Geographical Society (17–05–41020 РГО–РФФИ).

¹ V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Theoretical Geography Laboratory, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: solodyankinasv@mail.ru

² V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Laboratory of Geochemistry of Landscapes and Geography of Soils, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: tiznam@mail.ru

³ V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Theoretical Geography Laboratory, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: ula.vant@mail.ru

⁴ V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Geomorphology Laboratory, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: opekunova@irigs.irk.ru

REFERENCES

- Agafonov B.P. Vetrovoj litopotok iz ozera Bajkal [Wind lithoflow from the Baikal Lake]. *Doklady RAN*, 2002, vol. 382, no. 5, p. 688–691. (In Russian)
- Agafonov B.P. Jekzolitodinamika Bajkal'skoj riftovoj zony. [Exolithodynamics of the Baikal Rift Zone]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990, 176 p. (In Russian)
- Bazhenova O.I. Sibirskaja shkola jeksperimental'noj geomorfologii [The Siberian school of experimental geomorphology]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2018, no. 2, p. 23–32. DOI: 10.21782/GIPRO206-1619-2018-2(23-32). (In Russian)
- Bazhenova O.I., Lyubtsova E.M., Ryzhov Yu.V., Makarov S.A. Prostranstvenno-vremennoj analiz dinamiki jerozionnyh processov na juge Vostochnoj Sibiri [The space-time analysis of dynamics of erosion processes in the south of Eastern Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1998, 201 p. (In Russian)
- Budz M.D., Trzhtsinsky Yu.B. Vyvetrivanie. Inzhenernaja geologija Pribajkal'ja [Weathering. Engineering geology of the Baikal region]. Moscow, Nauka Publ., 1968, p. 90–94. (In Russian)
- Grismer M.E. Standards vary in studies using rainfall simulators to evaluate erosion. *California Agriculture*, 2012, vol. 66, no. 3, p. 102–107.
- Hai C.X., Liu B., Zhao Y., Du P.F., Yuan X.Y., Jiang H.T., Zhou R.R., Wang J.A. New Instrument for Testing Wind Erosion by Soil Surface Shape Change. *Applied and Environmental Soil Science*, vol. 2009, p. 1–3. DOI:10.1155/2009/491570.
- Kerzhentsev A.S., Maysner R., Demidov V.V., Ollesh G., Sukhanovsky Yu.P., Volokitin M.P., Kistner I., Kolomyitsev N.V., Rod M., Dream B.K., Bykhovets S.S., Dyomin D.V., Piskunov A.N., Ilyina T.A., Kiselyova O.E. Modelirovanie jerozionnyh processov na territorii malogo vodosbornogo bassejna [Modeling of erosion processes within a small water catchment basin]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 224 p. (In Russian)
- Liseckij F.N., Svetlichnyj A.A., Chernyj S.G. Sovremennye problemy eroziovedeniya [Modern issues of erosion science]. Belgorod, Konstanta Publ., 2012, 456 p. (In Russian)
- Opekunova M.Yu., Makarov S.A. Otsenka opasnykh geologicheskikh protsessov pri rekreatsionno-turistskoi deyatel'nosti v Pribaikal'e (Irkutskaya oblast') [Assessment of dangerous geological processes in course of recreational and touristic activities in the Baikal region (the Irkutsk region)]. *Sovremennye problemy servisa i turizma*, 2018, vol. 12, no. 3, p. 121–132. (In Russian)
- Pellinen V.A., Kozyreva E.A. Koefficient vyvetrelosti gornyh porod kak pokazatel' ustojchivosti geologicheskoy sredy (na primere ostrova Ol'khon) [The coefficient of rock weathering as an indicator of the stability of geological environment (case study of the Olkhon Island)] *Proc. of the XXVIII Russian Youth Conf. «Stroenie litosfery i geodinamika»* [The structure of the lithosphere and geodynamics], Irkutsk, Institute of the Earth's Crust Publ., Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, p. 126–127. (In Russian)
- Semyonov Yu.M., Antipov A.N., Bufal V.V. et al. Ekologicheskii orientirovannoe planirovanie zemlepol'zovaniya v Bajkal'skom regione. Ol'khonskii raion [Environmentally-focused planning of land use in the Baikal region. The Olkhon district]. Irkutsk, Institute of Geography Publ., Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 2004, 147 p. (In Russian)
- Trofimova I.E. Tipizacija i kartografirovanie klimatov Bajkal'skoj gorno-kotlovinnoj sistemy [Typification and mapping of climates of the Baikal mountain-depression system]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2002, no. 2, p. 53–61. (In Russian)
- Vanteeva Yu.V. Faktoral'naja struktura i prirodnye funkicii pribrezhnyh geosistem Pribajkal'ja [Factorial structure and natural functions of coastal geosystems of the Baikal region]. PhD Thesis in Geography, Irkutsk, Institute of Geography Publ., 2018, 24 p. (In Russian)
- Znamenskaya T.I., Vanteeva Yu.V., Solodyankina S.V. Factors of the Development of Water Erosion in the Zone of Recreation Activity in the Ol'khon Region. *Eurasian Soil Science*, 2018, vol. 51, no. 2, p. 228–235.
- Zolotarev G.S. Sovremennye zadachi inzhenerno-geologicheskogo izuchenija processov i kor vyvetrivaniya [Modern problems of engineering-geological study of weathering processes and crusts]. *Voprosy inzhenerno-geologicheskogo izucheniya processov i kor vyvetrivaniya* [Questions of engineering-geological study of weathering processes and crusts]. Moscow, 1971, p. 4–25. (In Russian)
- Web sources*
- Grismer M.E. Rainfall Simulation Studies – A Review of Designs, Performance and Erosion Measurement Variability, 2011 [Elektronnyi resurs]: URL: <http://docplayer.net/43734657-Rainfall-simulation-studies-a-review-of-designs-performance-and-erosion-measurement-variability.html> (access date 30.04.2013).
- Webb N., Herrick J., Van Zee J., Hugenholtz C., Zobeck T., Okin G. Standard Methods for Wind Erosion Research and Model Development, 2011 [Elektronnyi resurs]: URL: <https://winderosionnetwork.org/files/NetworkManual.pdf> (access date 15.05.2017).

Received 09.01.2019

Revised 20.09.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 551.465.63

Ю.В. Артамонов¹, Е.А. Скрипалева², Н.В. Никольский³

ВНУТРИГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

На основе данных реанализа NOAA OI SST рассматриваются особенности среднемноголетней внутригодовой изменчивости поля температуры на поверхности Арктического бассейна в сезонном и синоптическом масштабах времени. Анализируется связь областей экстремальной изменчивости температуры с зонами ее повышенных горизонтальных градиентов. Показано, что уровень сезонной изменчивости температуры выше уровня синоптической на шельфовых участках Арктических морей в 4–6 раз, в открытых районах бассейна – в 2,5–3 раза, во фронтальных зонах – в 1,5–2 раза. В мелководных шельфовых районах бассейна наблюдается самый высокий уровень как сезонной, так и синоптической изменчивости. В открытых районах океана интенсивная синоптическая изменчивость приурочена к областям максимальных горизонтальных градиентов температуры, ее наибольший уровень наблюдается в Западно-Шпицбергенской, Восточно-Гренландской фронтальных зонах и в Полярной фронтальной зоне в районе о-ва Медвежий. Высокий уровень сезонной изменчивости температуры в открытых районах бассейна наблюдается в межфронтальных зонах.

Ключевые слова: Арктический бассейн, температура поверхности океана, среднеквадратическое отклонение, сезонная и синоптическая изменчивость, полный горизонтальный градиент, фронтальные зоны

Введение. Исследования изменчивости структуры вод Арктического бассейна на различных временных масштабах крайне актуальны в связи с тем, что эти изменения оказывают существенное воздействие на региональный климат, тем самым влияя на условия хозяйственно-административной деятельности [Anisimov et al., 2007; Семенов с соавт., 2012]. Большинство публикаций посвящено оценке изменчивости поля температуры, так как этот параметр является индикатором теплосодержания деятельного слоя океана, в значительной степени определяющего протекание крупномасштабных атмосферных процессов [Furevik, 2001; Polyakov et al., 2003; Бойцов, 2007; Walsh et al., 2007; Dmitrenko et al., 2009; Levitus et al., 2009; Ivanov et al., 2009; Бойцов с соавт., 2010; Beszczynska-Möller et al., 2012; Ожигин с соавт., 2016]. Эти исследования в основном относятся к отдельным районам Арктического бассейна. По данным гидрологических измерений было показано, что в Норвежском и Баренцевом морях сезонная изменчивость температуры имеет наибольшие амплитуды в верхнем 200-метровом слое, тогда как в промежуточных и глубинных слоях лучше выражена межгодовая изменчивость [Furevik, 2001]. Согласно результатам численного моделирования, в Баренцевом море сезонной изменчивости подвержен в основном верхний 50-метровый слой [Сидорова, Щербинин, 2004]. Особое внимание уделяется исследованию изменчивости температуры слоя Атлантических вод (АВ), проникающих в Арктический бассейн. На основе архивных данных измерений температуры в центральной части Северного Ледовитого океана и в море Лаптевых показано, что

максимальный уровень изменчивости температуры в слое АВ прослеживается в котловине Нансена [Polyakov et al., 2003], при этом авторы отмечают, что нерегулярные измерения не всегда адекватно отражают фазы арктической изменчивости. В более поздних работах утверждается, что сезонный сигнал в изменчивости температуры слоя АВ на северо-востоке континентального склона моря Лаптевых может достигать 75% [Dmitrenko et al., 2009], а в районе континентального склона Шпицбергена – до 50% общей дисперсии [Ivanov et al., 2009]. В работе [Beszczynska-Möller et al., 2012] отмечено, что в проливе Фрама в стрекне Западно-Шпицбергенского течения отсутствует сезонная изменчивость температуры АВ, в то время как на перифериях течения она велика.

Отметим, что большинство исследований базируется на данных стандартных гидрологических измерений. Их пространственно-временная неоднородность не дает представления об изменчивости поля температуры в Арктическом бассейне в целом и ее региональных особенностях в разных секторах, затрудняет статистические оценки достоверности выявленных закономерностей. В настоящее время появились современные массивы реанализов с высоким пространственно-временным разрешением, в которых усваиваются данные спутниковых и всех существующих контактных измерений температуры. Так, использование реанализов EEWG, GHRSSST OSTIA и NOAA OI SST позволило уточнить многолетнюю изменчивость температуры Арктического бассейна [Swift et al., 2005], проанализировать изменчивость положения температурных

¹ ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, отдел океанографии, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: artam-ant@yandex.ru

² ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, отдел океанографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: sea-ant@yandex.ru

³ ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, отдел океанографии, аспирант; e-mail: nikolsky.geo@gmail.com

фронтов в июле 2007 г. [Атаджанова с соавт., 2017] и оценить их климатическую сезонную изменчивость [Артамонов с соавт., 2019] на поверхности Баренцева моря. Настоящая работа является продолжением исследований изменчивости поля температуры на основе современных реанализов и направлена на уточнение региональных особенностей среднемноголетней внутригодовой изменчивости поля температуры на поверхности Арктического бассейна в синоптическом и сезонном масштабах времени.

Материал и методы исследований. В работе использовался массив данных реанализа NOAA OI SST [https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html], содержащий среднесуточные значения температуры поверхности океана (ТПО) в узлах регулярной сетки с шагом $0,25^\circ$ за 1982–2016 гг. При создании массива применялся метод оптимальной интерполяции спутниковых и контактных измерений температуры, который позволил получить данные ТПО даже в случае, когда площадь поверхности, свободная ото льда в пределах трапеции $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, составляла всего 5% [Reynolds et al., 2007]. В работе анализировались области, где сплоченность льда не превышала 90%, т. е. площадь свободной ото льда воды была больше 10%. Для анализа уровней внутригодовой изменчивости ТПО в каждом узле сетки рассчитывались ее синоптические и сезонные среднеквадратические отклонения (СКО). В данной работе под синоптической изменчивостью ТПО подразумевается ее изменчивость внутримесячного масштаба. Внутримесячные СКО вычислялись по среднесуточным рядам ТПО для каждого месяца и далее осреднялись за 35 лет для января, февраля и т. д. (среднемесячные $\text{СКО}_{\text{сн}}$) и за все 420 месяцев (среднемноголетнее $\text{СКО}_{\text{сн}}$). Для расчета среднемноголетнего сезонного СКО ($\text{СКО}_{\text{сез}}$) по среднесуточным значениям ТПО были получены временные ряды ее среднемесячных значений, по которым вычислялись внутригодовые СКО ТПО для каждого года и затем осреднялись за 35 лет. Полные горизонтальные градиенты температуры (ПГТ) рассчитывались по среднесуточным значениям ТПО и далее осреднялись за все годы для каждого месяца и по всему временному ряду. Линейные связи уровней сезонной и синоптической изменчивости ТПО с величинами градиентов оценивались как для всей акватории Арктики в целом, так и для отдельных бассейнов.

Результаты исследований и их обсуждение. Пространственные распределения среднемноголетних величин $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ТПО (рис. 1 А) и $\text{СКО}_{\text{сн}}$ ТПО (рис. 1, Б) показывают, что общее повышение уровня изменчивости ТПО ($\text{СКО}_{\text{сез}} \sim 2\text{--}3^\circ\text{C}$, $\text{СКО}_{\text{сн}} \sim 0,5\text{--}0,7^\circ\text{C}$) отмечается в шельфовых морях российской и канадской Арктики и вдоль юго-восточного и западного побережий Гренландии. Максимальные значения $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ($3,5\text{--}5,5^\circ\text{C}$) и $\text{СКО}_{\text{сн}}$ ($0,7\text{--}1,1^\circ\text{C}$) ТПО наблюдаются на мелководье (на глубинах менее 200–250 м) в Чукотском море, Беринговом проливе

и Беринговом море, у отмелей берегов моря Бофорта, в Гудзоновом заливе, Белом море и южной части Баренцева моря. Здесь наиболее ярко выражены процессы, влияющие на изменчивость ТПО (прогрев и выхолаживание, влияние речного стока, интенсивная прибрежная динамика вод, стонно-нагонные явления, интенсивное взаимодействие Арктических и Тихоокеанских вод через Берингов пролив). На широтных выборках среднемноголетних величин ПГТ, $\text{СКО}_{\text{сн}}$ и $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ТПО вдоль отдельных меридианов четко прослеживается увеличение их значений в южных частях профилей, расположенных над мелководным шельфом (рис. 2).

В открытых глубоководных районах Арктического бассейна пространственные распределения уровней сезонной и синоптической изменчивости ТПО заметно различаются. Зоны повышенных значений $\text{СКО}_{\text{сез}}$ (до 2°C), как правило, располагаются в областях пониженных значений ПГТ, т. е. в межфронтальных пространствах (см. рис. 1 А, Г). В областях максимальных значений ПГТ, т. е. во фронтальных зонах, значения $\text{СКО}_{\text{сез}}$ уменьшаются. Аналогичный результат получен в работе [Beszczynska-Möller et al., 2012], в которой отмечен минимум сезонной изменчивости температуры в стрежне Западно-Шпицбергенского течения. Интенсивная синоптическая изменчивость ТПО в открытом океане, наоборот, приурочена к областям высоких значений ПГТ. Наибольшие значения $\text{СКО}_{\text{сн}}$ (до $0,7\text{--}1,0^\circ\text{C}$) наблюдаются в районах Арктического бассейна, где согласно [Родионов, Костяной, 1998; Атаджанова с соавт., 2017; Артамонов с соавт., 2019] располагаются интенсивные фронтальные зоны – Западно-Шпицбергенская (ЗШФЗ), Восточно-Гренландская (ВГФЗ), Полярная ФЗ (ПФЗ) в районе о-ва Медвежий (см. рис. 1 Б). Подобная закономерность была выявлена ранее для районов Гольфстрима и Северо-Атлантического течения [Гулев с соавт., 1988]. На широтных выборках величин ПГТ, $\text{СКО}_{\text{сн}}$ и $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ТПО над глубоководными районами экстремумы $\text{СКО}_{\text{сез}}$ ТПО, как правило, смещены по положению относительно экстремумов $\text{СКО}_{\text{сн}}$ ТПО и ПГТ (см. рис. 2). Наблюдается совпадение широтного положения максимумов $\text{СКО}_{\text{сн}}$ ТПО и экстремумов ПГТ, соответствующих Восточно-Гренландскому (ВГФ) (30° з. д.) и Западно-Шпицбергенскому (ЗШФ) (10° в. д.) фронтам, Полярному фронту (ПФ) (30° в. д.) и его Медвежинскому участку (МПФ) (20° в. д.). В открытых районах Арктического бассейна с менее выраженными температурными градиентами на поверхности происходит понижение уровня синоптической изменчивости (не выше $0,5^\circ\text{C}$) (см. рис. 1 Б, Г).

Севернее 80° с. ш. на всей акватории Арктического бассейна наблюдается общее понижение изменчивости ТПО, при этом абсолютный минимум $\text{СКО}_{\text{сез}}$ (ниже $0,5^\circ\text{C}$) и $\text{СКО}_{\text{сн}}$ (ниже $0,3^\circ\text{C}$) отмечается в бассейне Нансена и северной части Канадского бассейна у границы морских льдов 90% балльности (см. рис. 1 А, Б). Отметим, что, согласно [Polyakov et al., 2003] в подповерхност-

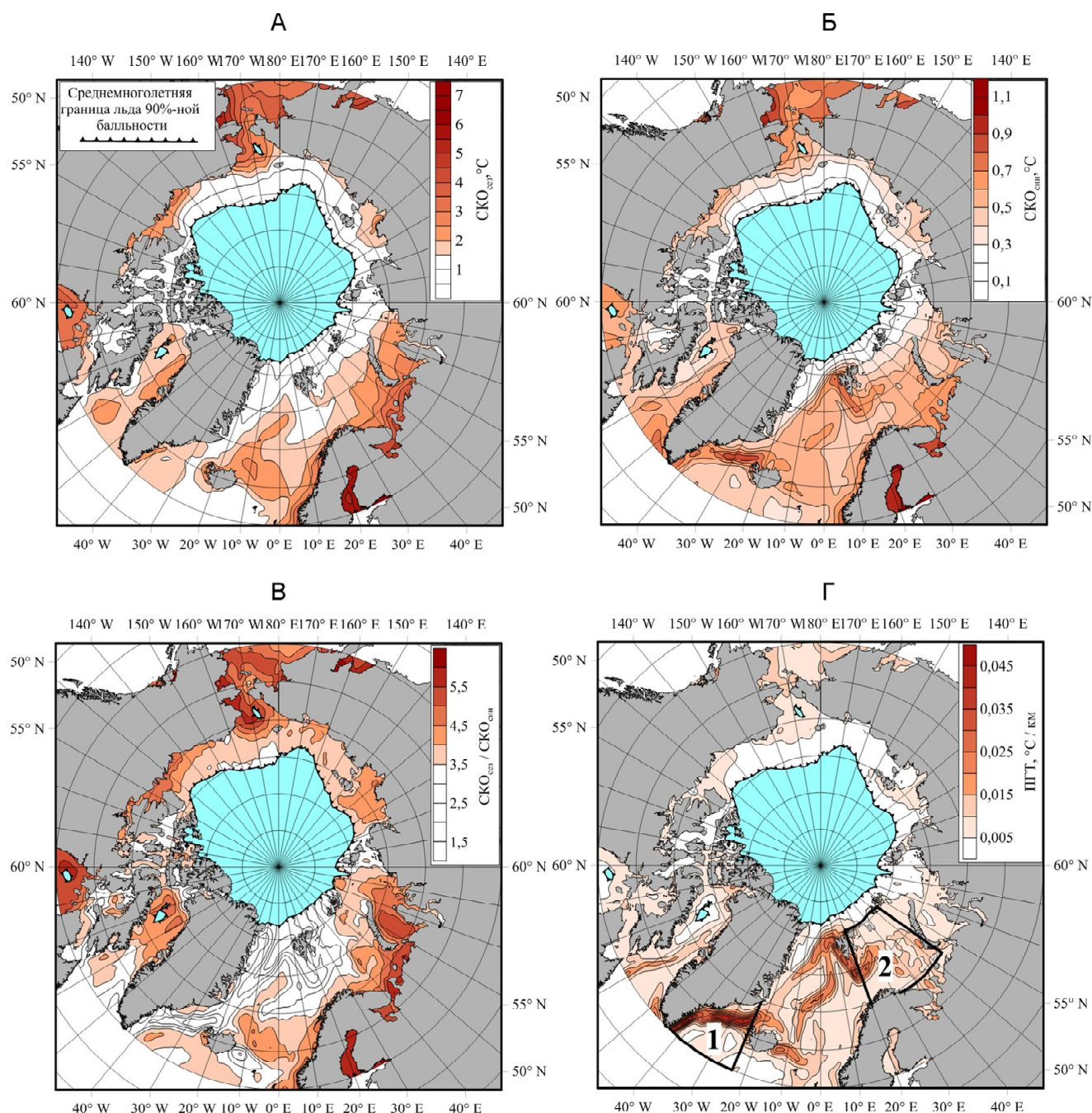


Рис. 1. Пространственные распределения среднееголетних величин $SKO_{сез}$ ТПО (А), $SKO_{син}$ ТПО (Б), отношения $SKO_{сез}/SKO_{син}$ (В), ПГТ (Г). Цифрами 1 и 2 отмечены районы, для которых представлены графики линейной связи $SKO_{сез}$ и $SKO_{син}$ ТПО с ПГТ

Fig. 1. Spatial distributions of long-term average values of seasonal (А) and synoptic (Б) SST root-mean-square deviations (RMSD), $RMSD_{сез}/RMSD_{син}$ relations (В), total horizontal gradients (THG) of SST (Г). The numbers 1 and 2 indicate the regions for which graphs of the linear correlation between SST $RMSD_{сез}$ and THG, SST $RMSD_{син}$ and THG are shown

ном слое Атлантических вод в бассейне Нансена наблюдается максимальный уровень изменчивости температуры.

В целом на акватории Арктического бассейна уровень сезонной изменчивости ТПО в несколько раз превышает уровень ее среднееголетней синоптической изменчивости. Наибольшее значение отношения $SKO_{сез}/SKO_{син}$ (~4–6) наблюдается преимущественно на шельфовых участках Арктических морей. Это отношение уменьшается до 2,5–3 в

открытых районах акватории и до 1,5–2 во фронтальных зонах (см. рис. 1 В).

Распределения среднемесячных величин $SKO_{сез}$ ТПО и ПГТ показывают, что уровень синоптической изменчивости ТПО заметно изменяется в течение года, при этом максимумы $SKO_{син}$ постоянно располагаются в пределах фронтальных зон (рис. 3 А, Б). Анализ внутrigодового хода экстремумов ПГТ, соответствующих фронтам, и максимумов $SKO_{син}$ ТПО в зоне этих фронтов показал, что

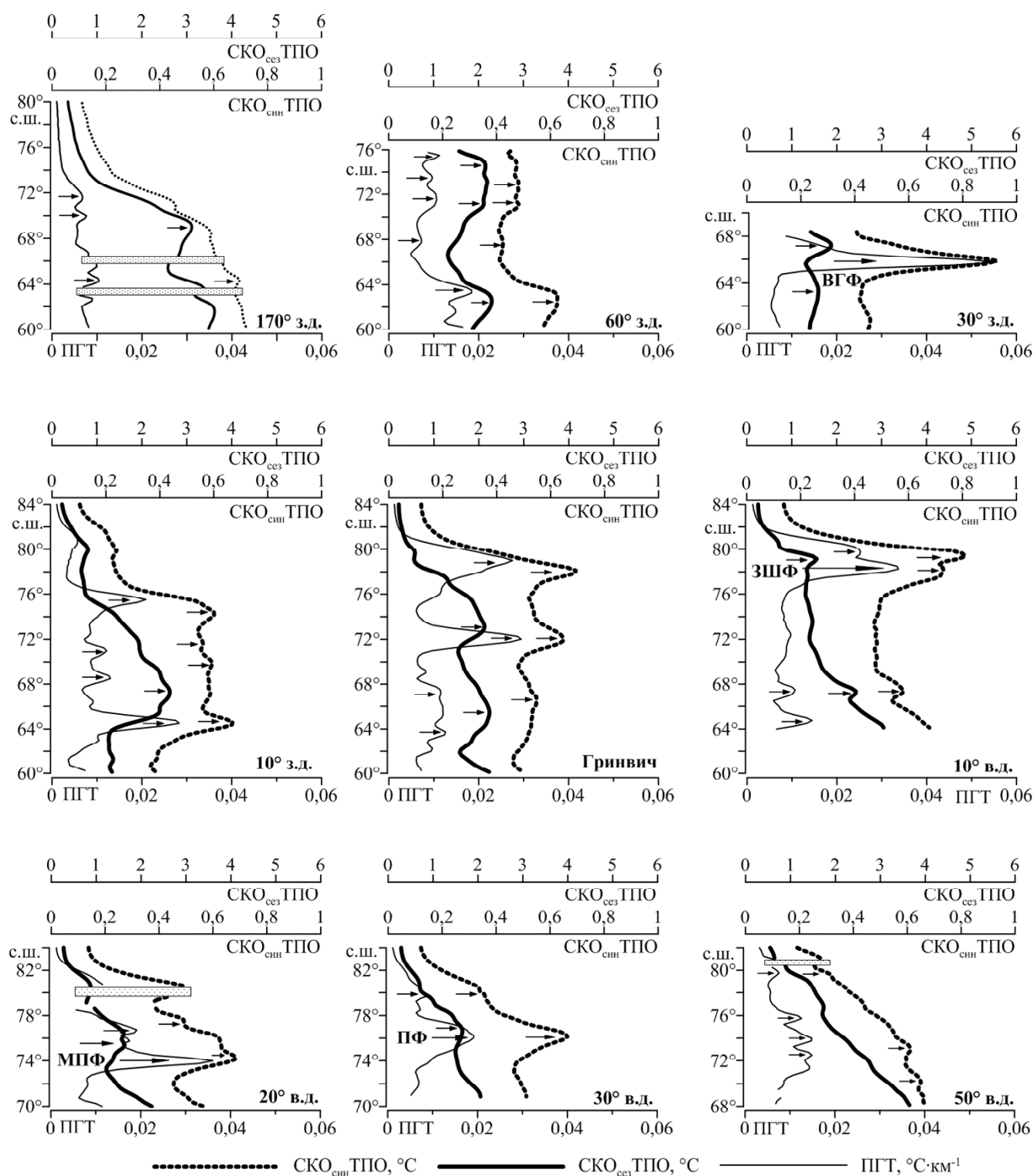
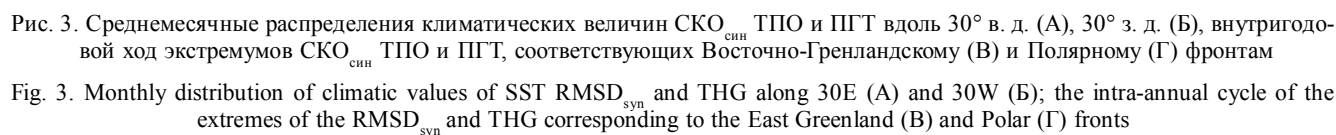


Рис. 2. Широтные распределения среднееголетних величин ПГТ, SKO_{син} и SKO_{сез} ТПО вдоль отдельных меридианов. Здесь и на рис. 3 стрелками отмечено положение основных экстремумов этих параметров

Fig. 2. Latitudinal distributions of long-term average values of SST THG, SST RMSD_{seas} and RMSD_{syn} along particular meridians. The arrows indicate the position of the main extremes of these parameters (the same at Fig. 3)



изменение уровня синоптической изменчивости ТПО происходит в противофазе с изменением интенсивности фронта. Так, фронт, соответствующий Восточно-Гренландской фронтальной зоне (см. рис. 3 А), наиболее интенсивен в мае, когда уровень синоптической изменчивости ТПО минимален (см. рис. 3 В). Максимум синоптической изменчивости ТПО в зоне фронта наблюдается зимой, когда фронт заметно ослабевает (см. рис. 3 В). Полярный фронт в Баренцевом море (см. рис. 3 Б) наиболее развит в ноябре–декабре, при этом величины $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в эти месяцы резко уменьшаются. В период максимума $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ (июль) Полярный фронт ослабевает (см. рис. 3 Г). Аналогичная закономерность была выявлена для фронтальной системы в поле ТПО северо-западного шельфа Черного моря [Артамонов с соавт., 2017]. Наиболее вероятной причиной повышения уровня синоптической изменчивости ТПО в периоды ослабления температурных фронтов в сезонном цикле является понижение скоростей соответствующих течений. Ослабление циркуляции приводит к усилению синоптического меандрирования и вихреобразования потоков, что обуславливает перестройку поля ТПО и повышение ее изменчивости в синоптическом масштабе времени.

Анализ линейных связей значений ПГТ со среднемноголетними значениями $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ для акватории Арктического бассейна в целом показал, что связь между ними относительно невысокая, величина коэффициента корреляции R не превышает 0,6 (рис. 4 А). На графике прослеживаются две основные области сгущения точек, характеризующие противоположные тенденции. Одна область показывает увеличение $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ примерно до 6°C при величинах ПГТ до $0,02^\circ\text{C км}^{-1}$ и отражает связь между ними в шельфовых районах, где отмечается повышение уровня сезонной изменчивости ТПО при относительно слабом росте градиентов. Другая область сгущения точек, наоборот, показывает увеличение ПГТ примерно до $0,06^\circ\text{C км}^{-1}$ при довольно низких значениях $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ (до $2,5^\circ\text{C}$) и относится к открытым районам бассейна, где в пределах интенсивных фронтальных зон, характеризующихся ростом ПГТ, уровень сезонной изменчивости ТПО остается относительно низким.

Между среднемноголетними значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ отмечается более высокий уровень связи с величиной порядка 0,81 (см. рис. 4 Б). При этом распределение точек на графике, так же как и в случае сезонной изменчивости, отражает характер связи в шельфовых областях, где наблюдается заметное увеличение $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ (до 1°C) при слабом росте величин ПГТ (не выше $0,015^\circ\text{C км}^{-1}$). Связь между среднемесячными значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в Арктическом бассейне значима в течение года. Величины R максимальны в январе–феврале и августе ($\sim 0,85\text{--}0,9$), в июне и октябре они понижаются до 0,7 (см. рис. 4 Л).

Уровень линейных связей между ПГТ, $СКО_{\text{сез}}$ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в разных секторах Арктического бассейна может заметно изменяться. В открытых райо-

нах океана в областях интенсивных фронтальных зон связь между ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ практически отсутствует, при этом отмечается высокий уровень связи между среднемноголетними значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$. Так, например, в районе Восточно-Гренландской фронтальной зоны (область 1, см. рис. 1 Г) связь между значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ незначима ($R \sim 0,22$) (см. рис. 4 В), а величина R между ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ достигает 0,9 (см. рис. 4 Г). Уровень связи между среднемесячными значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в этом районе изменяется в течение года, при этом связь остается значимой (см. рис. 4 Д, Е, М). Величины R возрастают в холодный период с ноября по февраль ($\sim 0,9\text{--}0,92$) и заметно понижаются в мае ($\sim 0,6$) (см. рис. 4 М).

В Баренцевом море (область 2, см. рис. 1 Г), где фронты менее интенсивны и наблюдается обширный шельф, связь между среднемноголетними значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ так же, как и в области ВГФЗ, незначима (см. рис. 4 Ж). В отличие от ВГФЗ уровень связи между $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ и ПГТ в этом районе понижается, величина R уменьшается до 0,61 (см. рис. 4 З). Так же, как для Арктики в целом, на графиках для Баренцева моря наблюдаются две области сгущения точек, отражающих характер линейных связей $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ и ПГТ на шельфе и в открытой части моря. Между среднемесячными значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в Баренцевом море значимая связь отсутствует с июня по октябрь, с января по апрель ее уровень повышается, и величины R достигают 0,85 (см. рис. 4 И, К, Н).

Выводы:

- наибольший уровень внутригодовой изменчивости ТПО в сезонном и синоптическом масштабах времени наблюдается в мелководных шельфовых районах Арктического бассейна;
- в открытых глубоководных районах интенсивная синоптическая изменчивость ТПО приурочена к областям фронтальных зон, тогда как максимальная сезонная изменчивость наблюдается в межфронтальных пространствах;
- уровень сезонной изменчивости ТПО превышает уровень ее синоптической изменчивости на шельфовых участках Арктических морей в 4–6 раз, в открытых районах бассейна почти в 2,5–3 раза, во фронтальных зонах – в 1,5–2 раза;
- в сезонном цикле максимумы $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ в зонах фронтов отмечаются в периоды ослабления экстремумов градиентов, соответствующих этим фронтам;
- в целом для акватории Арктического бассейна линейная связь между среднемноголетними значениями $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ и ПГТ невысокая ($R \sim 0,6$), между ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ величина R возрастает до 0,81. Связь между среднемесячными значениями ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ значима в течение всего года и повышается ($R \sim 0,85\text{--}0,9$) в январе–феврале и в августе;
- в областях интенсивных фронтальных зон связь между ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ незначима, а между ПГТ и $СКО_{\text{сез}} \text{ ТПО}$ отмечается ее высокий уровень ($R \sim 0,85\text{--}0,92$).

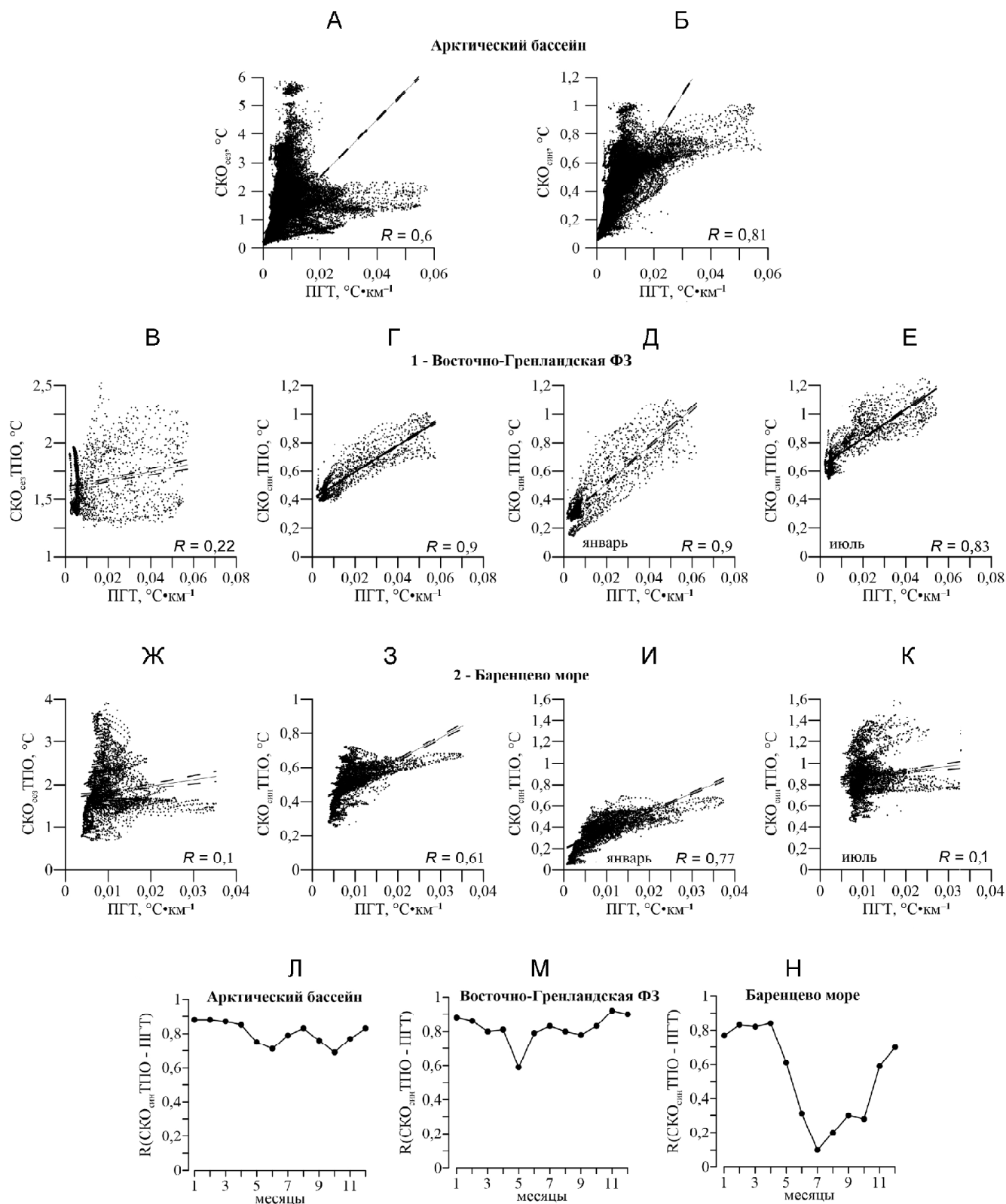


Рис. 4. Графики линейной связи между среднееголетними величинами $СКО_{сез}$ ТПО и ПГТ (А, В, Ж), $СКО_{сез}$ ТПО и ПГТ (Б, Г, З), среднееголетними величинами $СКО_{сез}$ ТПО и ПГТ (Д, Е, И, К) для Арктического бассейна в целом (А, Б), для района Восточно-Гренландской фронтальной зоны (Б–Е) и Баренцева моря (Ж–К); внутригодовые распределения величин R между $СКО_{сез}$ ТПО и ПГТ (Л–Н). Штриховые линии – границы 99% доверительных интервалов

Fig. 4. Graphs of linear correlation between long-term average values of SST RMSD_{seas} and THG (A, B, Zh), SST RMSD_{seas} and THG (Б, Г, З), long-term average values of SST RMSD_{seas} and THG (Д, Е, И, К) for the Arctic basin in total (A, B), for the region of the East Greenland frontal zone (B–E) and the Barents Sea (Zh–K); intra-annual distribution of R value between SST RMSD_{syn} and THG (Л–Н). Dashed lines are the boundaries of 99% confidence intervals

Благодарности. Исследование выполнено в рамках Государственного задания ФГБУН МГИ № 0827-2018-0003.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артамонов Ю.В., Колмак Р.В., Скрипалева Е.А., Федирко А.В. Изменчивость поля температуры и температурных фронтов в северо-западной части Черного моря по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 237–245. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-237-245.
- Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А., Федирко А.В. Сезонная изменчивость температурных фронтов на поверхности Баренцева моря // Метеорология и гидрология. 2019. № 1. С. 78–90.
- Атаджанова О.А., Зимин А.В., Романенков Д.А., Коник А.А., Свергун Е.И., Мартын К.А., Козлов И.Е. Поверхностные проявления фронтов и малых вихрей в Баренцевом и Карском морях в теплый период года // Материалы конференции «Комплексные исследования Мирового океана». М., 2017. С. 31–33.
- Бойцов В.Д. Изменчивость температуры воды Баренцева моря различных временных масштабов // Вопросы промысловой океанологии. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. Вып. 4. № 1. С. 99–113.
- Бойцов В.Д., Карсаков А.Л., Аверкиев А.А., Густов Д.В., Карпова И.П. Исследование изменчивости гидрофизических характеристик по наблюдениям на разрезе «Кольский меридиан» // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2010. № 15. С. 135–149.
- Гулев С.К., Кадеев Д.Г., Яшяев И.М. О синоптической изменчивости температуры поверхности океана в районе Гольфстрима и Северо-Атлантического течения // Океанология. 1988. Т. 28. № 5. С. 721–727.
- Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2016. 260 с.
- Родионов В.Б., Костяной А.Г. Океанические фронты морей Северо-Европейского бассейна. М.: ГЕОС, 1998. 292 с.
- Семенов В.А., Мохов И.И., Латиф М. Роль границ морского льда и температуры поверхности океана в изменениях регионального климата в Евразии за последние десятилетия // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т. 48. № 4. С. 403–421.
- Сидорова А.Н., Щербинин А.Д. Внутригодовая изменчивость термохалинной структуры и циркуляции в Баренцевом море по результатам модельных расчетов // Океанология. 2004. Т. 44. № 5. С. 670–678.
- Anisimov O.A., Vaughan D.G., Callaghan T.V., Furgal C., Marchant H., Prowse T.D., Vilhjálmsson H., Walsh J.E. Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Eds. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson, Cambridge: University Press, 2007. P. 653–685.
- Beszczyńska-Möller A., Fahrbach E., Schauer U., Hansen E. Variability in Atlantic water temperature and transport at the entrance of the Arctic Ocean 1997–2010. *ICES J. Mar. Sci.*, 2012, vol. 69. Iss. 5, p. 852–863. DOI:10.1093/icesjms/fss056.
- Dmitrenko I.A., Kirillov S.A., Ivanov V.V., Woodgate R.A., Polyakov I.V., Koldunov N., Fortier L., Lalande C., Kaleschke L., Bauch D., Hölemann J.A., Timokhov L.A. Seasonal modification of the Arctic Ocean intermediate water layer off the eastern Laptev Sea continental shelf break. *J. Geophys. Res.*, 2009, vol. 114. Iss. C6. P. 06010. DOI:10.1029/2008JC005229.
- Furevik T. Annual and interannual variability of Atlantic Water temperatures in the Norwegian and Barents Seas: 1980–1996. *Deep Sea Res.*, Part I, 2001, vol. 48, p. 383–404. DOI:10.1016/S0967-0637(00)00050-9.
- Ivanov V.V., Polyakov I.V., Dmitrenko I.A., Hansen E., Repina I.A., Kirillov S.A., Mauritzen C., Simmons H., Timokhov L.A. Seasonal variability in Atlantic Water off Spitsbergen. *Deep Sea Res.*, Part I, 2009, vol. 56, Iss. 1, p. 1–14. DOI:10.1016/j.dsr.2008.07.013.
- Levitus S., Matishov G., Seidov D., Smolyar I. Barents Sea multidecadal variability. *Geophys. Res. Lett.*, 2009, vol. 36, L19604. DOI:10.1029/2009GL039847.
- Polyakov I., Walsh D., Dmitrenko I., Colony R.L., Timokhov L.A. Arctic Ocean variability derived from historical observations. *Geophys. Res. Lett.*, 2003, vol. 30, no. 6, 1298, p. 31–1–31–4. DOI:10.1029/2002GL016441.
- Reynolds R.W., Smith T.M., Liu C., Chelton D.B., Casey K.S., Schlax M.G. Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 2007, vol. 20, p. 5473–5496.
- Swift J.H., Aagaard K., Timokhov L., Nikiforov E.G. Long-term variability of Arctic Ocean waters: Evidence from a reanalysis of the EEWG data set. *J. Geophys. Res.*, 2005, vol. 110. Iss. C03012. DOI:10.1029/2004JC002312.
- Walsh D., Polyakov I.V., Timokhov L.A., Carmack E.K. Thermohaline structure and variability in the eastern Nansen Basin as seen from historical data. *J. Mar. Res.*, 2007, vol. 65, no. 5, p. 685–714. DOI:10.1357/002224007783649466.
- Электронный ресурс
The NOAA Earth System Research Laboratory's Physical Sciences Division. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html> (дата обращения 12.11.2018).

Поступила в редакцию 17.06.2019

После доработки 06.09.2019

Принята к публикации 01.11.2019

Yu.V. Artamonov¹, E.A. Skripaleva²,
N.V. Nikolskii³

INTRA-ANNUAL VARIABILITY OF TEMPERATURE FIELD IN THE ARCTIC BASIN

The long-term mean intra-annual variability of the surface temperature field in the Arctic basin is considered on both seasonal and synoptic time-scales basing on the NOAA OI SST reanalysis data. The association of extreme temperature variability areas with the zones of higher horizontal temperature gradients is analyzed. It was found that the seasonal temperature variability is 4–6 times the synoptic one on the Arctic shelf areas, 2.5–3 times that in the basin open areas, and 1.5–2 times in the frontal zones. The highest seasonal and synoptic variability were observed in shallow shelf areas of the basin. The intense synoptic variability of temperature is typical of the open ocean areas with maximum horizontal temperature gradients. The highest values were observed in the West-Spitsbergen and the East-Greenland frontal zones, as well as in the Polar frontal zone near the Medvezhij Island. High level of seasonal variability in the open deep-sea areas was recorded in the inter-frontal zones.

Key words: Arctic basin, sea surface temperature, root-mean-square deviation, seasonal and synoptic variability, full horizontal gradient, frontal zones

Acknowledgements. The study was carried out under the FSBSI MHI State task № 0827-2018-0003.

REFERENCES

- Anisimov O.A., Vaughan D.G., Callaghan T.V., Furgal C., Marchant H., Prowse T.D., Vilhjálmsson H., Walsh J.E. Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Eds. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson, Cambridge: University Press, 2007, p. 653–685.
- Artamonov Yu.V., Kolmak R.V., Skripaleva E.A., Fedirko A.V. Izmenchivost' polya temperatury i temperaturnykh frontov v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya po sputnikovym dannym [Variability of temperature field and temperature fronts in the northwest part of the Black Sea according to satellite data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, vol. 14, no. 3, p. 237–245. DOI:10.21046/2070-7401-2017-14-3-237-245. (In Russian)
- Artamonov Yu.V., Skripaleva E.A., Fedirko A.V. Sezonnaya izmenchivost' temperaturnykh frontov na poverhnosti Barentseva morya [Seasonal variability of temperature fronts on the Barents Sea surface]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 2019, no. 1, p. 78–90. (In Russian)
- Atadzhanova O.A., Zimin A.V., Romanenkov D.A., Konik A.A., Svergun E.I., Martyn K.A., Kozlov I.E. Poverhnostnye proyavleniya frontov i mal'nykh virej v Barentsevom i Karskom moryakh v teplyj period goda [Surface evidences of fronts and small whirlwinds in the Barents and Kara Seas during the warm period of year]. In Proc. of the conference «Kompleksnyye issledovaniya Mirovogo okeana» [In Proc. of the conference "Integrated Ocean Studies"], Moscow, 2017, p. 31–33. (In Russian)
- Beszczyńska-Möller A., Fahrbach E., Schauer U., Hansen E. Variability in Atlantic water temperature and transport at the entrance of the Arctic Ocean 1997–2010. *ICES J. Mar. Sci.*, 2012, vol. 69, Iss. 5, p. 852–863. DOI:10.1093/icesjms/fss056.
- Boitsov V.D. Izmenchivost' temperatury vody Barentseva morya razlichnykh vremennykh masshtabov [Water temperature variability in the Barents Sea at different time scales]. *Voprosy promyslovoj okeanologii*, Moscow, VNIRO Publ., 2007, vol. 4, no. 1, p. 99–113. (In Russian)
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Averkiev A.A., Gustoev D.V., Karpova I.P. Issledovanie izmenchivosti gidrofizicheskikh harakteristik po nablyudeniyam na razreze «Kol'skij meridian» [Analysis of variability of hydrophysical characteristics according to the «Kola meridian» cross-section observations]. *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2010, no. 15, p. 135–149. (In Russian)
- Dmitrenko I.A., Kirillov S.A., Ivanov V.V., Woodgate R.A., Polyakov I.V., Koldunov N., Fortier L., Lalande C., Kaleschke L., Bauch D., Hölemann J.A., Timokhov L.A. Seasonal modification of the Arctic Ocean intermediate water layer off the eastern Laptev Sea continental shelf break. *J. Geophys. Res.*, 2009, vol. 114, Iss. C6. P. 06010. DOI:10.1029/2008JC005229.
- Furevik T. Annual and interannual variability of Atlantic Water temperatures in the Norwegian and Barents Seas: 1980–1996. *Deep Sea Res.*, Part I, 2001, vol. 48, p. 383–404. DOI:10.1016/S0967-0637(00)00050-9.
- Gulev S.K., Kadeev D.G., Yashayaev I.M. O sinopticheskoy izmenchivosti temperatury poverhnosti okeana v rajone Gol'fstrima i Severo-Atlanticheskogo techeniya [About synoptic variability of the ocean surface temperature in the area of the Gulf Stream and the North Atlantic Current]. *Okeanologiya*, 1988, vol. 28, no. 5, p. 721–727. (In Russian)
- Ivanov V.V., Polyakov I.V., Dmitrenko I.A., Hansen E., Repina I.A., Kirillov S.A., Mauritzen C., Simmons H., Timokhov L.A. Seasonal variability in Atlantic Water off Spitsbergen. *Deep Sea Res.*, Part I, 2009, vol. 56, Iss. 1, p. 1–14. DOI:10.1016/j.dsr.2008.07.013.

¹ FSBSI Marine Hydrophysical Institute of RAS (FSBSI MHI), Oceanography Department, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Geography; e-mail: artam-ant@yandex.ru

² FSBSI Marine Hydrophysical Institute of RAS (FSBSI MHI), Oceanography Department, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: sea-ant@yandex.ru

³ FSBSI Marine Hydrophysical Institute of RAS (FSBSI MHI), Oceanography Department, postgraduate student; e-mail: nikolsky.geo@gmail.com

Levitus S., Matishov G., Seidov D., Smolyar I. Barents Sea multidecadal variability. *Geophys. Res. Lett.*, 2009, vol. 36, L19604. DOI:10.1029/2009GL039847.

Ozhigin V.K., Ivshin V.A., Trofimov A.G., Karsakov A.L., Anciferov M.Yu. Vody Barentseva morya: struktura, cirkulyaciya, izmenchivost' [The Barents Sea waters: structure, circulation and variability], Murmansk, PINRO Publ., 2016, 260 p. (In Russian)

Polyakov I., Walsh D., Dmitrenko I., Colony R.L., Timokhov L.A. Arctic Ocean variability derived from historical observations. *Geophys. Res. Lett.*, 2003, vol. 30, no. 6, 1298, p. 311–314. DOI:10.1029/2002GL016441.

Reynolds R.W., Smith T.M., Liu C., Chelton D.B., Casey K.S., Schlax M.G. Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. *J. Climate*, 2007, vol. 20, p. 5473–5496.

Rodionov V.B., Kostyanov A.G. Okeanicheskie fronty morej severo-evropejskogo bassejna [Oceanic fronts in the seas of the North European basin], Moscow, GEOS Publ., 1998, 292 p. (In Russian)

Semenov V.A., Mohov I.I., Latif M. Rol' granic morskogo l'da i temperatury poverhnosti okeana v izmeneniyah regional'nogo klimata v Evrazii za poslednie desyatiletiya [The role of sea ice

boundaries and ocean surface temperature in the changes of regional climate in Eurasia over the recent decades]. *Izvestia RAN. Fizika atmosfery i okeana*, 2012, vol. 48, no. 4, p. 403–421. (In Russian)

Sidorova A.N., Shcherbinin A.D. Vnutrigodovaya izmenchivost' termohalinnoj struktury i cirkulyacii v Barentsevom more po rezul'tatam model'nyh raschetov [Intra-annual variability of the thermohaline structure and circulation in the Barents Sea according to the results of model calculations]. *Okeanologiya*, 2004, vol. 44, no. 5, p. 670–678. (In Russian)

Swift J.H., Aagaard K., Timokhov L., Nikiforov E.G. Long-term variability of Arctic Ocean waters: Evidence from a reanalysis of the EEWG data set. *J. Geophys. Res.*, 2005, vol. 110, Iss. C03012. DOI:10.1029/2004JC002312.

Walsh D., Polyakov I.V., Timokhov L.A., Carmack E.K. Thermohaline structure and variability in the eastern Nansen Basin as seen from historical data. *J. Mar. Res.*, 2007, vol. 65, no. 5, p. 685–714. DOI:10.1357/002224007783649466.

Web sources

The NOAA Earth System Research Laboratory's Physical Sciences Division. [Elektronnyi resurs]: URL: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html> (access date 12.11.2018).

Received 17.06.2019

Revised 06.09.2019

Accepted 01.11.2019

КРАТКИЕ ЗАМЕТКИ

УДК 911. 375

Н.А. Слук¹, С.С. Кузовлев²

СОВРЕМЕННЫЙ ОБРАЗ ПАРИЖА В РУССКОЯЗЫЧНОМ СЕГМЕНТЕ ИНТЕРНЕТА

Изучение образа крупных городов на основе анализа социальных медиа – новое направление в отечественной георурбанистике. Интерес к нему связан с уникальной информацией, которую сложно получить при проведении исследований классическими методами и широкими возможностями ее использования в научно-познавательном процессе и прикладном аспекте.

В статье раскрываются методика, основные принципы создания базы данных и конкретные результаты исследования образа современного Парижа в русскоязычном сегменте интернета. Анализ показывает, что столица Франции хорошо знакома и чрезвычайно привлекательна для россиян, воспринимается через устойчивый и ограниченный набор частных образов исключительно исторического ядра города, состав и выраженность которых отчасти варьируют в регионах России в меридиональном направлении в зависимости от качества аудитории и дистанционного фактора.

Ключевые слова: социальные медиа, образный подход, Париж, теги, Рунет

Введение и постановка проблемы. Под воздействием эффектов глобализации на завершающей фазе 5-го Кондратьевского цикла, научно-технической революции и 3-ей революции в социальных коммуникациях меняется соотношение эндо- и экзогенных факторов развития крупнейших городов. Место мегаполиса в системе глобальных центров все в большей мере зависит от его имиджа. Формирующийся на мировой арене образ города определяет отношение к нему, что в итоге находит выражение в развитии экономических, политических, социальных и других связей на всех территориальных уровнях. Выверенная и целенаправленная политика создания благоприятного имиджа города представляется важным инструментом для роста его международного влияния и повышения авторитета в мировой политике и экономике, что весьма актуально для центров России. Однако в общественной географии и смежных дисциплинах пока не сложилась стройная система представлений о подходах, принципах и методах изучения и «управления» имиджем урбанистических образований. Необходимый этап на пути к ее разработке – познание сложившихся образов крупных городов в различных средах и аудиториях с использованием возможностей анализа социальных медиа. Главная цель исследования – выявление особенностей современного образа Парижа в русскоязычном сегменте интернета.

Материалы и методы исследований. Исследование опирается на концептуальный базис поведенческой, когнитивной и гуманитарной географии; образный подход [Замятин, 2006; Замятина, Арутюнян, 2005; Колосов с соавт., 2000; Митин, 2005],

теории мирового и глобального города, а также последние разработки Токийского исследовательского института [IFUS, 2018] и ряда зарубежных консалтинговых компаний [Consultancy Resonance, 2018; Reputation Institute, 2018]. В работе используются общенаучные и конкретно-научные методы исследования, включая сравнительно-географический; а также методы, заимствованные из социологии и критической геополитики (опросы общественного мнения, частотный анализ, контент-анализ и др.). При сборе данных активно применялся интернет-метрический метод.

База данных исследования охватывает период с марта 2017 г. по февраль 2018 г. и состоит из четырех блоков. Первые два – частота и контекст (включая категории: политика, экономика, наука, личности, происшествия и др.) упоминаний столицы Франции в совокупности социальных медиа (VK, Facebook, Instagram, Twitter и др.), которые сформированы при специальной настройке системы Brand Analytics – инструмента для бизнес-аналитики и управления репутацией продукта, разработанного компанией «Ай-Теко» [Brand Analytics, 2019]. Третий – количество поисковых запросов по избранной тематике, определяемое с помощью сервиса для оценки пользовательского интереса в интернете «Яндекс. Подбор слов». Четвертый блок включает результаты интервью и социологических опросов, проведенных посредством интернет-анкетирования среди пользователей русскоязычного сегмента интернета с использованием сервиса Google-формы в ряде городов, прежде всего, России, а также стран ближнего и дальнего зарубежья.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sluka2011@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства, аспирант; e-mail: svyatokuz@mail.ru

Результаты исследований и их обсуждение.

Париж, согласно классификации авторитетной международной исследовательской группы «Глобализация и мировые города» [Globalization and world cities, 2019], наряду с Нью-Йорком, Лондоном и Токио, входит в число глобальных городов высшей категории $\alpha+$ и уже традиционно считается мировой столицей во многих сферах. Благодаря «историческим заслугам» и инновационным завоеваниям он устойчиво находится в центре внимания международных масс-медиа. В силу давних культурных и деловых связей России и Франции город пользуется особым авторитетом у отечественного истеблишмента и популярностью у населения как туристический центр мирового значения. Только в 2018 г. его посетили 19,1 млн международных туристов [MasterCard, 2019], в том числе более 300 тыс. из России. По числу упоминаний в СМИ за рассматриваемый период (6,5 млн) и поисковых запросов (24,4 млн) он явно выделяется среди квартета глобальных центров, опережая не только Нью-Йорк (4 млн и 22,3 млн, соответственно), но и главного европейского конкурента – Лондон (5,8 и 22,4 млн). Показательно также, что в Париже, по нашим данным, побывали 42% респондентов, в то время как в Лондоне – только 25%.

Закономерно, что в ведущих глобальных городах повышенное, но эпизодическое внимание русскоязычных интернет-пользователей привлекают экстремальные (террористические акты, смерть Хворостовского в Лондоне) и крупные события из

сферы экономики и политики (президентские выборы, брекзит, экономические форумы и др.). Но в общей структуре информационного массива они уходят далеко на второй план, явно уступая контенту социокультурного ряда (рис. 1). Так, более половины поисковых запросов о столице Франции приходится только на две условные тематические области – «развлечения» (27%) и «личности» (26%). В первом случае это диктуется интересом аудитории к объектам местного туризма, городской инфраструктуры и сервиса (достопримечательности, музеи, отели, рестораны, кафе, и пр.), во втором – к знаменитым персоналиям – великим полководцам, политическим деятелям, художникам, архитекторам, артистам, которые творили в Париже или, вдохновляясь его атмосферой, создавали мировые шедевры (наиболее частые упоминания – Наполеон, Мона Лиза, Леонардо да Винчи, Чарли Чаплин, Саркози и др.).

Социологический опрос позволяет уточнить совокупность частных образов, из которых складывается восприятие города среди пользователей русскоязычного сегмента интернета, что хорошо отражает облако тегов (рис. 2). Для всех категорий респондентов, хотя и с разной степенью выраженности, типичен довольно стандартный набор трех групп стереотипов. Первая группа выражает эмоционально-возвышенное восприятие города (теги – романтика, весна, любовь и др.), которое, вероятно, сложилось в результате давнего и глубокого проник-

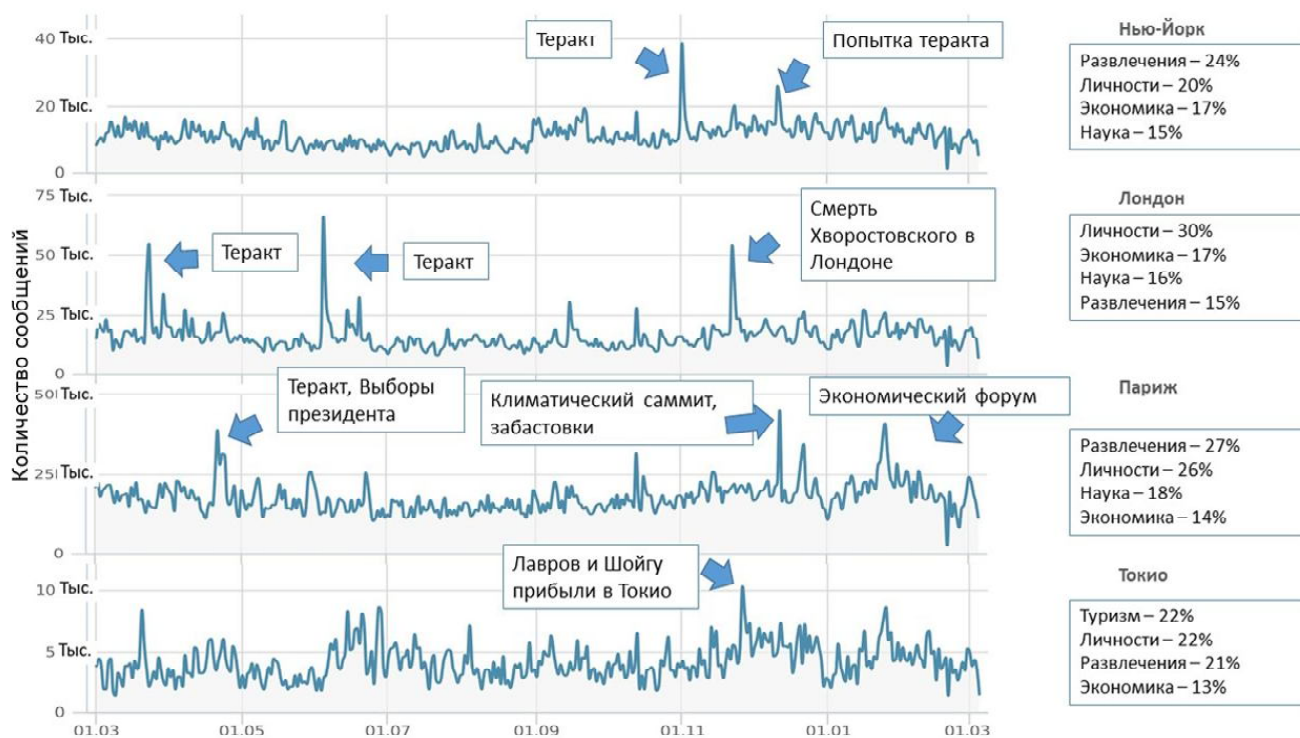


Рис. 1. Распределение опубликованных сообщений в интернете на русском языке по ведущим глобальным городам за период 01.03.2017–02.03.2018. Составлено авторами

Fig. 1. Distribution of published messages on the Internet about the leading global cities in Russian for the period 01.03.2017–02.03.2018. Compiled by the authors

ным Манхэттеном» – Дефансом, а скорее как «город мечты» и удачного времяпрепровождения;

– в сознании основной массы респондентов сложился устойчивый и довольно ограниченный набор частных образов исключительно исторического ядра Парижа, во многом формирующегося продуктами массовой культуры и турбизнесом, а представления о ближайших пригородах, включая Версаль, области Иль-де-Франс и проекте Большого Парижа практически отсутствуют;

– изучение результатов интернет-анкетирования позволило выявить определенную изменчивость в восприятии образа Парижа в пространстве русскоязычного сегмента интернета в зависимости от качества аудитории и ее удаленности;

– аналитические возможности предложенного подхода и методики исследования на данный момент не полностью изучены, требуют дальнейшего уточнения и апробирования, а также широкого научно-прикладного осмысления.

Благодарности. Выполнено по планам НИР кафедры географии мирового хозяйства при частичной поддержке гранта РФФИ (проект № 20-05-00784).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Замятин Д.Н. Культура и пространство: Моделирование географических образов. М.: Знак, 2006. 488 с.
- Замятина Н.Ю., Арутюнян К.М. Взаимосвязи образов стран Европы в прессе (по материалам газет «Таймс» и «Нью-Йорк Таймс») // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2005. № 5. С. 60–65.
- Колосов В.А., Тикунов В.С., Заяц Д.В. Мир в зеркале средств массовой информации: использование анаморфоз в политикогеографическом анализе // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2000. № 2. С. 15–22.
- Митин И.И. Гуманитарная география // Научный и культурно-просветительский альманах. Вып. 2. М.: Институт Наследия, 2005. С. 347–348.
- Слука А.Е. Франция: Спец. Выпуск // География. Приложение газеты «Первое сентября». 1995. № 23–24.
- Слука Н.А. Париж: Сердце нации // Города мира: монография. Сер. Самые красивые и знаменитые. М.: Мир энциклопедий Аванта+, 2012. С. 98–106.
- Consultancy Resonance. Resonance Worlds Best City Brands. Vancouver: Resonance Consultancy PUB, 2018.
- Электронные ресурсы
- Brand Analytics [Электронный ресурс]: URL: <http://brandanalytics.ru> (дата обращения 10.02.2019).
- Globalization and world cities, GaWC. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.lboro.ac.uk/gawc/index.html> (дата обращения 10.02.2019).
- IFUS. City perception survey. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.mori-m-foundation.org.jp> (дата обращения 01.12.2018).
- MasterCard. Global Destination Cities Index 2019. [Электронный ресурс]: URL: <https://newsroom.mastercard.com> (дата обращения 26.09.2019).
- Reputation Institute. Most Reputable Cities 2018. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.reputationinstitute.com/city-reprtrak> (дата обращения 01.12.2018).

Поступила в редакцию 16.10.2019
После доработки 30.10.2019
Принята к публикации 01.11.2019

N.A. Sluka¹, S.S. Kuzovlev²

ACTUAL IMAGE OF PARIS IN THE RUSSIAN-SPEAKING SEGMENT OF INTERNET

Studying the image of large cities on the basis of social media analysis is a new direction in domestic geourban science. It is of the growing interest due to unique information which is difficult to obtain by applying classical methods of research and broad options of its use in scientific-cognitive process and applied aspects.

The article describes methodology, basic principles of database creation and specific results of the study of the modern image of Paris in the Russian-speaking segment of Internet. The analysis shows that the capital of France is well-known and particularly attractive to Russians. It is perceived through a stable and limited set of individual images exclusively related to the historical core of the city. The composition and expression of the images vary in the regions of Russia from north to south depending on the quality of the audience and the distance factor.

Key words: social media, figurative approach, Paris, tags, Runet

Acknowledgements. The study was carried out under the plan of research work of the Department of Geography of World Economy and partially supported financially by the Russian Foundation for Basic Research (project № 20-05-00784).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sluka2011@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, post-graduate student; e-mail: svyatokuz@mail.ru

REFERENCES

- Consultancy Resonance. Resonance World's Best City Brands. Vancouver: Resonance Consultancy PUB, 2018.
- Kolosov V.A., Tikonov V.S., Zayats D.V. Mir v zerkale sredstv massovoj informacii: ispol'zovanie anamorfoz v politikogeograficheskom analize. [The world in the mirror of the media: the use of anamorphoses in politico-geographical analysis]. *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2000, no. 2, p. 15–22. (In Russian)
- Mitin I.I. Gumanitarnaja geografija [Humanitarian Geography] *Nauchnyj i kul'turno-prosvetitel'skij al'manah.*, Is. 2, Moscow, Heritage Institute Publ., 2005, p. 347–348. (In Russian)
- Sluka A.E. Franciya [France]: Specz. Vypusk. *Geografiya*. The annex to the newspaper «First of September», 1995, no. 23–24. (In Russian)
- Sluka N.A. Parizh: Serdce nacii [Paris: Heart of the nation]. *Goroda mira. Ser. Samy'e krasivy'e i znamenity'e.* [Cities of the world. Ser. The most beautiful and famous] Moscow, Mir entsiklopedii Avanta+ Publ., 2012, p. 98–106. (In Russian)
- Zamyatin D.N. Kul'tura i prostranstvo: Modelirovanie geograficheskikh obrazov [Culture and space: Modeling of geographical images]. Moscow, Znak Publ., 2006, 488 p. (In Russian)
- Zamyatina N.Yu., Harutyunyan K.M. Vzaimosvjazi obrazov stran Evropy v presse (po materialam gazet «Tajms» i «N'ju-JorkTajms»). [The relationships of the images of European countries in the press (based on The Times and The New York Times newspapers)]. *Vestn. Mosk. Un-ta*, Ser. 5, Geogr., 2005, no. 5, p. 60–65. (In Russian)
- Web sources*
- Brand Analytics [Elektronnyi resurs]: URL: <http://brandanalytics.ru> (access date 10.02.2019).
- Globalization and world cities, GaWC [Elektronnyi resurs]: URL: <http://www.lboro.ac.uk/gawc/index.html> (access date 10.02.2019).
- IFUS. City perception survey [Elektronnyi resurs]: URL: <https://www.mori-m-foundation.or.jp> (access date 01.12.2018).
- MasterCard. Global Destination Cities Index 2019 [Elektronnyi resurs]: URL: <https://newsroom.mastercard.com> (access date 26.09.2019).
- Reputation Institute. Most Reputable Cities 2018. [Elektronnyi resurs]: URL: <https://www.reputationinstitute.com/city-reptrak> (access date 01.12.2018).

Received 16.10.2019

Revised 30.10.2019

Accepted 01.11.2019

УДК 911.3:378

А.А. Агиречу¹

СТУДЕНЧЕСКИЕ УЧЕБНЫЕ ПРАКТИКИ В ПЕРВЫЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ КАФЕДРЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ СССР ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

Учебные практики являются неотъемлемой частью подготовки студентов, на которых они непосредственно знакомятся с различными районами страны, разнообразными формами хозяйствования и жизни населения. Исследование, проведенное на основе литературных источников середины XX в. и бесед с очевидцами того времени, показывает, что столь традиционные сегодня формы проведения практики на кафедре экономической и социальной географии России, которая в 2019 г. отметила свое 90-летие, появились не одновременно с самой кафедрой, и даже значительно позже образования факультета. В довоенный период существовала производственная практика студентов, которая проходила в рамках различных экспедиций, а также технологическая. Учебная (первоначально – академическая) практика появилась лишь в послевоенный период и в первые годы своего становления проводилась в стационарном варианте. Начиная с середины 1950-х гг., она обрела формат маршрутной, а спустя еще два десятилетия к ней добавилась и «ближняя», стационарная практика.

Ключевые слова: географический факультет, кафедра, экономическая география, СССР, учебная практика, экспедиция, студент

Введение. Учебно-ознакомительные практики на географическом факультете в общем и на кафедре экономической и социальной географии России в частности являются неотъемлемой частью учебного процесса. Традиции проведения современного формата практик на кафедре существуют уже на протяжении 40–50 лет (с небольшими изменениями и некоторыми нюансами в отдельные годы), свидетелями чего явилось большинство выпускников, которые принимали в них участие в качестве студентов, а также сотрудников кафедры в качестве руководителей практики.

Создается впечатление, что такая структура («двухэтапная», т. е., стационарная и маршрутная) практики студентов 2-го курса кафедры была всегда. Но при попытках узнать что-то о практиках первых десятилетий кафедры, мы сталкиваемся с отсутствием информации, достоверных свидетельств участников и т. п. Да и в архиве Московского университета, скорее всего, такие материалы не сохранились, или найти их крайне сложно. В архиве кафедры отчеты по практикам имеются лишь с 1960 г., и не дают возможности составить полное представление (с маршрутами и перечнем участников, в т. ч. руководителей) об их проведении.

Анализ некоторых литературных источников, опубликованных учеными и сотрудниками факультета в 1940–1950 гг., все-таки позволяет составить общее представление о том, когда появилась учебная экономико-географическая (по сути, кафедральная) практика, что она из себя представляла, где проводилась, что ей предшествовало в первые годы деятельности кафедры.

1930-е – первая половина 1940-х гг. В первые полтора десятилетия подготовки студентов экономико-географов на географическом отделении физико-математического факультета, потом на почвенно-географическом (с 1933 г.), а с 1938 г. – на географическом факультете МГУ не было понятия учебной специализированной практики как таковой. Общегеографическая практика была по топографии (она проводилась в различных районах ближнего Подмосковья непродолжительное время, увеличиваясь с 1934 по 1945 г. от двух до пяти недель [Асеев, Лисицына, 1950]), геологии и общей физической географии [Первухин, 1933]².

На 2-м курсе у студентов, обучающихся по специальности «экономическая география», была технологическая практика по индустриальному (промышленному) и сельскохозяйственному производству [Первухин, 1933]. Она проводилась на промышленных предприятиях (например, в 1934 г. было намечено в качестве объектов практики знакомство с предприятиями Химкомбинат, «Серп и молот» и др. [Климов, 1934]), в совхозах и колхозах. В ходе прохождения практики студенты овладевали производственными навыками, знакомились с технологическими процессами и экономикой производства; на сельскохозяйственных предприятиях практика была приурочена к посевной и уборочной компаниям [Соловьев, 1931].

В рамках экономико-географической подготовки студентов (и аспирантов) в 1930-е гг. обязательным элементом была лишь производственная практика по специальности. В тот период она подразу-

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: agir@mail.ru

² В середине 1930-х гг. начинался процесс формирования программы и поиска места проведения общегеографической практики. Об этом писала И.А. Орлова [1955, с. 270], упоминая об общем собрании коллектива НИИ географии и почвенно-географического факультета 1935 г., где обсуждался вопрос о создании постоянных баз факультета, что удалось осуществить лишь спустя 10 лет.

мевала участие студентов (разных курсов) и аспирантов в экспедициях географического факультета, которые проводились в областях центра СССР, а также в Сибири, на Крайнем Севере, Дальнем Востоке, в Средней Азии и других районах страны. Сложность участия студентов и аспирантов в выездных практиках того периода отмечает С.Л. Луцкий. В 1940 г. он писал, что «Наркомпрос на разъезды аспирантов и студентов географического факультета отпускает средства из того же расчета, что и на разъезды студентов и аспирантов математического, химического и других факультетов, подготовка которых вовсе не связана с выездами и полевой работой» [Луцкий, 1940, с. 101]. Участие в экспедициях, которые проводились часто по заказу тех или иных ведомств, скорее всего, как раз могли решить этот вопрос.

В самом начале 1930-х гг. студенты, видимо, в рамках своих интересов сами выбирали места проведения практики. Ю.Г. Саушкин в главе «Студенческие годы» своих незаконченных мемуаров «Географическое мышление» достаточно подробно описывает их путешествия по стране. Он отмечает, что помимо летних практик, у студентов были и традиционные зимние экскурсионно-ознакомительные поездки по стране, т. к. раз в год студенты имели бесплатный проезд по железной дороге в любом направлении. Так, первый раз они поехали по маршруту Ленинград–Кондопога–Кандалакша–Мурманск, через год была поездка в Сухуми – Батуми (под руководством проф. Б.Ф. Добрынина), в 1930/1931 учебном году по маршруту Ташкент–Самарканд–Бухара–Красноводск–Баку–Ростов-на-Дону. Летние же поездки на практики проводились в рамках экспедиций (в которых проезд оплачивался особым способом). Так, после зимней встречи (в 1929/1930 учебном году) в университете с В.К. Арсеньевым, который рассказывал студентам «о Дальнем Востоке, о том, как много явлений он и до сих пор не может объяснить», летом ряд студентов отправились на практику на Дальний Восток. А сам Юлиан Глебович «выбрал для своей практики почвенно-землеустроительную экспедицию Народного комиссариата Земледелия Казахстана» и работал в течение трех месяцев в партии в Западном Казахстане, где занимался «почвенной съемкой, сбором статистических данных об урожайности пшеницы, проса и некоторых других культур для установленных на контуре карты сельсовета главных почвенных типов» за разные годы [Саушкин, 2011, с. 85]. Спустя год, летом 1931 г. Ю.Г. Саушкин в составе новой группы студентов отправился на практику на Дальний Восток, где был включен в состав экспедиции Наркомата земледелия СССР и занимался обследованием части Приамурья между левыми притоками Амура – Бирой и Биджаном – для определения возможностей земледельческого освоения этой территории. Им был подготовлен ряд карт для атласа Биробиджана, ко-

торый так и не был издан (спустя три года по итогам этой экспедиции он опубликовал статью «Биробиджан» в журнале «География в школе»).

С 1932 г. на кафедре начались крупные экспедиционные работы в рамках договоров географического отделения университета с Главдортрансом РСФСР и другими организациями. В 1932 г. работали экономико-географические экспедиции – Уральская и Западно-Сибирская, в следующем году – Башкирская, в 1934 г. – Южно-Казахстанская и Бурят-Монгольская, в последующие годы – Абхазская, Чувашская, Марийская и Татарская. Помимо этого крупные экспедиционные работы проводились в Центральной России – Каширская, Калининская, Рязанская комплексные экспедиции [Лидов, 1950, с. 152–153; Шкирина, Ратанова, 1999, с. 37]. Во всех экспедициях наряду с сотрудниками и аспирантами участвовали и студенты, проходя таким образом свою производственную практику, собирая при этом материалы для последующей курсовой или дипломной работы.

Некоторые темы работ в экспедициях можно проследить по публикациям в университетской газете «За пролетарские кадры» (ныне – газета «Московский университет»)³. Приведем в качестве примера фрагмент небольшой публикации 1931 г. И. Никольского – участника экспедиции по созданию Урало-Кузнецкого комбината: «От географического отделения и НИИ Географии работают три бригады секции Госплана СССР (металлургических ресурсов). Бригада Рязанцева уже изготовила по заданию секции карту размещения рудных ископаемых и углей ... Бригада Александровой работает по описанию районов Башкирии, уже подготовлены 8 районов ... По плану НИИ ведется работа по изучению производительных сил Башкирии и составлению трех типовых экономических карт. В работе по описанию районов, планшетов и экономических карт большую помощь оказывает проф. Баранский» [Никольский, 1931]. Имеются и другие подобные сообщения, опубликованные в газете участниками этих экспедиций – студентами и аспирантами.

Таким образом, в предвоенный период у студентов экономико-географов помимо общегеографической была только производственная практика, в рамках которой студенты принимали участие в различных экспедициях, когда они овладевали необходимыми научно-исследовательскими навыками [Баранский, 1950]. Отличительной чертой этих экспедиций (как и послевоенных) была комплексность: студенты в процессе работы взаимодействовали с географами других направлений, не редко выполняя не только узкоспециализированные задачи. В таких экспедициях принимали участие в качестве студентов Ю.Г. Саушкин и его сокурсники. Важность комплексного подхода в экспедиционных исследованиях неоднократно подчеркивалась при анализе

³ Сразу отметим, что с учетом дат некоторых публикаций можно предположить, что подобные экспедиции (в том числе с участием студентов) проходили не только в летний период.

особенностей подготовки экономико-географов [Баранский, 1950; Лидов, Саушкин, 1950].

В послевоенный период производственная практика (в рамках которой студенты участвовали в экспедициях, работали в различных научных и прикладных организациях) осталась в учебном плане старшекурсников, а ей уже предшествовала ставшая традиционной учебно-ознакомительная практика на 2 курсе.

Послевоенный период. Со второй половины 1940-х гг. учебные практики на факультете получили системный и регулярный характер. С 1946 г. базой для общегеографической практики стало Красновидово в Можайском районе Московской области, а с 1948 г. – Хибинская географическая станция. Общегеографические практики проводились летом после 1 курса и один месяц – после второго.

В 1946 и 1947 гг. в том же Можайском районе также проводилась и экономико-географическая практика (только для экономико-географов⁴). Но, в связи с тем, что этот район «являлся мало показательным для подобного рода практик», для экономико-географов она в последующие годы стала проводиться после окончания общегеографической практики в других районах страны [Асеев, Лисицына, 1950, с. 224].

Таким образом, с 1948 г. на географическом факультете после общегеографической практики в Красновидово для студентов второго курса была введена на один месяц специальная *академическая* практика [Асеев, Лисицына, 1950, с. 224]. Организаторами и руководителями практики для студентов экономико-географов были Н.Я. Ковальская и А.Т. Хрущев [Орлова, 1955, с. 281]. В этот период были заложены традиции проведения кафедральной практики, которая позднее стала называться специальной учебной, а в последние десятилетия – учебно-ознакомительной.

Для представления о том, как эта практика проводилась в 1948 и 1949 гг., приведем фрагмент из статьи А.А. Асеева и Г.Н. Лисицыной [Асеев, Лисицына, 1950, с. 225]:

«Специальная академическая практика по *экономической географии и географии населения* со студентами экономико-географами второго курса проводилась в 1948 г. на территории сопредельных районов Горьковской области, Марийской и Чувашской АССР (в количестве 25 студентов) и в 1949 г. в районе г. Борисоглебска Воронежской области (16 студентов).

Практика ставила своей задачей закрепить знания по теоретическому курсу географии населения, а также ознакомить студентов с методами и объектами полевых наблюдений и дать навыки самостоятельной работы по сбору и обработке первичных материалов. Маршрут практики 1948 г. проходил по каналу им. Москвы и Волге до Горького, где в те-

чение четырех дней проводилось изучение города, для чего был посещен краеведческий музей и ряд промышленных предприятий. После этого группа прибыла в г. Васильсурск, который являлся базой для маршрутов по селам примыкающих районов. В маршрутах выяснялись взаимоотношения, под влиянием которых складывается хозяйственная деятельность человека, составлялись карты расселения, изучались различные типы населенных пунктов ... Конец практики был посвящен выполнению самостоятельных заданий по изучению ряда населенных пунктов.

... Перенесение практики в г. Борисоглебск в 1949 г. преследовало цель – проведение практики в районе работы Центрально-Черноземной экспедиции Института географии нашего факультета ...

Практика охватывала три смежных района Воронежской области (Борисоглебский, Грибановский и Карачанский). Помимо задач предыдущего года, практика преследовала цель – знакомство с работой плановых органов в связи с планированием полесаживаемых лесонасаждений. Для знакомства с насаждениями была совершена экскурсия в Каменную степь (Эртиль-Таловского района) ...».

В следующие годы районы проведения практики были иными. При этом следует отметить (по словам И.М. Кузиной), что практика в то время проводилась для экономико-географов обеих кафедр совместно. В 1950 г. под руководством Н.Я. Ковальской и З.М. Акрамова (аспиранта кафедры экономической географии СССР) она проходила в г. Острогожск Воронежской области. Н.Я. Ковальская на протяжении длительного периода была основным руководителем практики. В 1951 г. она проводила ее со студентами в г. Сологча Рязанской области (по свидетельству участницы практики Г.В. Сдасюк), в 1952 г. – во Владимирском ополье и Мещерской низменности, в 1953 г. – в Тульской области⁵.

С 1948 г. проводилась учебная практика и в Закарпатской области Украинской ССР [Витвер, 1955, с. 146]. Это место, где позже была создана база географического факультета в местечке Апшинце, присмотрел в 1946 г. В.А. Анучин, находившийся там со спецзаданием. Студенты двух экономико-географических кафедр ездили туда совместно после 3 курса (до 1951 г. включительно). Позднее практики кафедр экономической географии СССР и экономической географии зарубежных стран были разделены, но экономико-географы «зарубежники» по-прежнему проводили учебную практику в рамках курса «Экономическая география СССР» [Стрелецкая, 1972, с. 140].

Таким образом, в первую четверть века существования кафедры экономической географии СССР (особенно в послевоенные годы) произошло становление и формирование облика и идеологии проведения учебных полевых кафедральных практик, кото-

⁴ О начале полевых учебных практик на кафедре в 1946 г. говорится и в предисловии к учебному пособию О.Э. Бухгольц [1973].

⁵ Из упомянутой статьи И.А. Орловой следует, что в 1953 г. практика в Тульской области имела в основном промышленно-географический характер [Орлова, 1955, с. 280–281].

рые в последующие десятилетия совершенствовались и дополнялись новыми сюжетами. Их трансформация была связана с расширением факультета – его переездом на Ленинские горы в 1953 г., с одновременным увеличением материальной базы университета и факультета, что позволило проводить более масштабные практики для студентов. Так, с 1954 г. практика начала постепенно обретать черты современной дальней учебно-ознакомительной, когда группа студентов с руководителями выезжала на автобусе по маршруту в Европейской части страны (на протяжении первого длительного периода основным руководителем практики была О.Э. Бухгольц). А с 1976 г. в традиции кафедры появилась «ближняя» практика [Специальная ..., 1984, с. 6], которая проводится в основном в малом или среднем городе Центральной России и является первым этапом учебно-ознакомительной практики студентов 2 курса кафедры экономической и социальной географии России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Асеев А.А., Лисицына Г.Н. Учебная и производственная практика студентов географического факультета МГУ // Высшее географическое образование / Вопросы географии. Сб. 18. М.: Географгиз, 1950. С. 219–227.
- Баранский Н.Н. Об учебном плане экономико-географической специальности // Высшее географическое образование / Вопросы географии. Сб. 18. М.: Географгиз, 1950. С. 34–58.
- Бухгольц О.Э. Учебная полевая практика по экономической географии. Руководство для студентов – экономгеографов СССР II курса географического факультета МГУ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 91 с.
- Витвер И.А. Экономическая география зарубежных стран в Московском университете // География в Московском университете за 200 лет. 1755–1955 / Под ред. К.К. Маркова, Ю.Г. Саушкина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1955. С. 141–149.
- Климов А. Производственная практика студентов почвенно-географического факультета МГУ // За пролетарские кадры. 1934. № 29(261). 17 июня. С. 2.
- Лидов В.П. Из истории географического факультета Московского ордена Ленина государственного университета имени М.В. Ломоносова // Высшее географическое образование / Вопросы географии. Сб. 18. М.: Географгиз, 1950. С. 147–153.
- Лидов В.П., Саушкин Ю.Г. Экспедиционные заметки (о работе студентов-географов в комплексных географических экспедициях) // Высшее географическое образование / Вопросы географии. Сб. 18. М.: Географгиз, 1950. С. 105–134.
- Луцкий С.Л. Экономическая география в Московском университете // Ученые записки МГУ. Юбилейная серия. Вып. 55. География. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1940. С. 87–110.
- Никольский И. Комсомол борется за Урало-Кузбасс // За пролетарские кадры. 1931. № 57(135). 16 декабря. С. 3.
- Орлова И.А. Полевая практика студентов-географов в Московском университете // География в Московском университете за 200 лет. 1755–1955 / Под ред. К.К. Маркова, Ю.Г. Саушкина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1955. С. 261–286.
- Первухин М. Почвенно-географический факультет // За пролетарские кадры. 1933. № 25(206). 9 июня. С. 2–3.
- Саушкин Ю.Г. Географическое мышление. М.; Смоленск: Ойкумена, 2011. 218 с.
- Соловьев А. НПП у географов // За пролетарские кадры. 1931. № 35(115). 19 июля. С. 4.
- Специальная учебная практика по экономической географии. Методич. пособие / Под ред. Э.Г. Григорьевой. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 106 с.
- Стрелецкая Л.Н. Особенности проведения учебной практики студентов специальности экономическая география капиталистических и развивающихся стран // Организация и методика проведения учебной практики на геогр. ф-тах и отделениях ун-тов. Тезисы докл. межвуз. науч.-метод. конф. М., 1972. С. 140–141.
- Шкирина А.И., Ратанова М.П. Экспедиционные исследования // Экономическая и социальная география России в Московском университете на рубеже веков / Под ред. А.Т. Хрущева, А.И. Шкириной. М.- Смоленск: Ойкумена, 1999. С. 37–41.

Поступила в редакцию 10.10.2019

После доработки 25.10.2019

Принята к публикации 01.11.2019

A.A. Aguirrechu¹

**PRACTICAL TRAINING OF STUDENTS IN THE FIRST DECADES
OF THE DEPARTMENT OF ECONOMIC GEOGRAPHY OF THE USSR
AT THE MSU FACULTY OF GEOGRAPHY**

Educational practices are an integral part of training, which get the students directly acquainted with various regions of the country, different forms of economic activities and life of the population. Basing on the publications of the mid 20th century and the interviews with spectators of the time, the study shows that traditional forms of practical training at the Department of Economic and Social Geography of Russia, which celebrated its 90th anniversary in 2019, appeared later than the department itself, and even after the faculty was established. In the pre-war period there was a student on-the-job training, usually in various expeditions, as well as a technological practical training. Educational practice (initially academic practical training) started up only in the post-war period; during its formative years it was organized as a station-keeping one. Since the mid-1950s the practical training became a route one and two decades later transient-free field training was added to it.

Key words: faculty of geography, department, economic geography, USSR, educational practice, expedition, student

REFERENCES

- Aseyev A.A., Lisitsyna G.N. Uchebnaya i proizvodstvennaya praktika studentov geograficheskogo fakul'teta MGU [Educational and industrial practice of students of the MSU Faculty of Geography]. *Vysshye geograficheskoye obrazovaniye, Voprosy geografii*, 18, Moscow, Geografiz Publ., 1950, p. 219–227. (In Russian)
- Baranskiy N.N. Ob uchebnom plane ekonomiko-geograficheskoy spetsial'nosti [On the curriculum of the economic – geographical specialty]. *Vysshye geograficheskoye obrazovaniye, Voprosy geografii*, 18, Moscow, Geografiz Publ., 1950, p. 34–58. (In Russian)
- Bukhol'ts O.E. Uchebnaya polevaya praktika po ekonomicheskoy geografii. Rukovodstvo dlya studentov – ekonomogeografov SSSR II kursa geograficheskogo fakul'teta MGU [Field training in economic geography. A guide for second-year students – economic geographers of the USSR of the MSU Faculty of Geography], Moscow, Moscow Univ. Publ., 1973, 91 p.
- Vitver I.A. Ekonomicheskaya geografiya zarubezhnykh stran v Moskovskom universitete [Economic geography of foreign countries at the Moscow University]. *Geografiya v Moskovskom universitete za 200 let. 1755–1955*. Ed. K.K. Markova, Yu.G. Saushkina. Moscow, Moscow Univ. Publ., 1955, p. 141–149. (In Russian)
- Klimov A. Proizvodstvennaya praktika studentov pochvenno-geograficheskogo fakul'teta MGU [Industrial practice of students of the soil-geographical faculty of the MSU]. *Za proletarskiye kadry*, 193, no. 29(261), June 17, 2 p.
- Lidov V.P. Iz istorii fakul'teta Moskovskogo ordena Lenina gosudarstvennogo universiteta imeni M.V. Lomonosova [From the history of the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, Recipient of the Order of Lenin]. *Vysshye geograficheskoye obrazovaniye, Voprosy geografii*, 18, Moscow, Geografiz Publ., 1950, p. 147–153. (In Russian)
- Lidov V.P., Saushkin Yu.G. Ekspeditsionnyye zametki (o rabote studentov-geografov v kompleksnykh geograficheskikh ekspeditsiyakh) [Expedition notes (on the work of geography students in complex geographic expeditions)]. *Vysshye geograficheskoye obrazovaniye, Voprosy geografii*, 18, Moscow, Geografiz Publ., 1950, p. 105–134. (In Russian)
- Lutskiy S.L. Ekonomicheskaya geografiya v Moskovskom universitete [Economic geography at the Moscow University] *Uchenyye zapiski MGU, Yubileynaya seriya*, Is. 55, Geografiya, Moscow, Moscow Univ. Publ., 1940, p. 87–110. (In Russian)
- Nikol'skiy I. Komsomol boretsya za Uralo-Kuzbass [Komsomol is fighting for the Ural-Kuzbass]. *Za proletarskiye kadry*, 1931, no. 57(135), December 16, 3 p. (In Russian)
- Orlova I.A. Polevaya praktika studentov-geografov v Moskovskom universitete [Field practice of geography students at the Moscow University]. *Geografiya v Moskovskom universitete za 200 let. 1755–1955*. Ed. K.K. Markova, Yu.G. Saushkina, Moscow, Moscow Univ. Publ., 1955, p. 261–286. (In Russian)
- Pervukhin M. Pochvenno-geograficheskii fakul'tet [Soil and Geography Faculty]. *Za proletarskiye kadry*, 1933, no. 25(206), June 9, p. 2–3. (In Russian)
- Saushkin Yu.G. Geograficheskoye myshleniye [Geographical thinking], Moscow, Smolensk, Oykumena Publ., 2011, 218 p. (In Russian)
- Solov'yev A. NPP u geografov [NPP among geographers]. *Za proletarskiye kadry*, 1931, no. 35(115), July 19, 4 p. (In Russian)
- Spetsial'naya uchebnaya praktika po ekonomicheskoy geografii. Metodich. posobiye [Special educational practice in economic geography. Methodical guide], Ed. E.G. Grigor'yeva, Moscow, Moscow Univ. Publ., 1984, 106 p. (In Russian)
- Streletskaya L.N. Osobennosti provedeniya uchebnoy praktiki studentov spetsial'nosti ekonomicheskaya geografiya kapitalisticheskikh i razvivayushchikhsya stran [Specific features of the educational practice of students majoring in the economic geography of capitalist and developing countries]. *Organizatsiya i metodika provedeniya uchebnoy praktiki na geogr. f-takh i otdeleniyakh un-tov*. Tezisy dokl. mezhevuz. nauch.-metod. konf. Moscow, 1972, p. 140–141. (In Russian)
- Shkirina A.I., Ratanova M.P. Ekspeditsionnyye issledovaniya [Expeditionary research]. *Ekonomicheskaya i sotsial'naya geografiya Rossii v Moskovskom universitete na rubezhe vekov*. Ed. A.T. Khrushcheva, A.I. Shkirinoy, Moscow, Smolensk, Oykumena Publ., 1999, p. 37–41. (In Russian)

Received 10.10.2019

Revised 25.10.2019

Accepted 01.11.2019

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: agir@mail.ru

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

Общие требования к статье

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.

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 использова-

ние 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. 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 vestnik5.geogr.msu.ru/jour/index.
Электронная почта: vestnik_geography@mail.ru

Плата за публикацию не взимается.