

### СОДЕРЖАНИЕ

<i>К 95-летию Георгия Ивановича Рычагова</i> .....	3
<i>Теория и методология</i>	
Хорошев А.В., Мерекалова К.А. Пространственная устойчивость межкомпонентных связей в среднетаежном ландшафте .....	5
<i>География и экология</i>	
Кошелева Н.Е., Тимофеев И.В., Касимов Н.С. Распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвенных катенах горнопромышленных ландшафтов на примере Закаменска (Россия) и Эрдэнэта (Монголия) .....	16
Лапченко В.А., Чубарова Н.Е., Жданова Е.Ю., Розенталь В.А. Пространственное распределение приземного озона, аэрозоля и солнечной ультрафиолетовой радиации в юго-восточном Крыму .....	33
<i>Методы географических исследований</i>	
Мысленков С.А., Маркина М.Ю., Архипкин В.С., Тилинина Н.Д. Повторяемость штормового волнения в Баренцевом море в условиях современного климата .....	45
Андреева Е.С., Лазарева Е.О., Липовицкая И.Н. Прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге с применением алгоритма принятия решений .....	55
<i>Региональные исследования</i>	
Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г. Доля продуктов питания в структуре расходов населения регионов России как индикатор уровня жизни и модернизации потребления .....	61
Щитова Н.А., Белозеров В.С., Тикун В.С. Социально-экономический компонент оценки качества жизни сельского населения Ставропольского края .....	69
Ткаченко А.А., Смирнов И.П., Смирнова А.А. Трансформация сети центров сельского расселения в низовом районе Центральной России .....	78
Савоскул М.С., Алексеев А.И., Кузнецова Г.Ю., Мозгунов Н.А. Сельское расселение и учет населения в зоне влияния Московской агломерации (на примере Боровского района Калужской области) .....	86
<i>Краткие сообщения</i>	
Котельянец Е.А., Соловьева О.В., Тихонова Е.А. Загрязнение донных отложений озера Донузлав .....	95
Маргарян В.Г. Тренды изменения экстремальных температур приземного слоя воздуха в пределах Араратской равнины и ее предгорной зоны .....	103
Зиновьев А.С., Морачевская К.А. Структура современных исследований в общественной географии за рубежом (по материалам съезда Ассоциации американских географов) .....	108

C O N T E N T S

To the 95 <sup>th</sup> birthday of Georgiy Ivanovich Rychagov .....	3
<i>Theory and methodology</i>	
Khoroshev A.V., Merekalova K.A. Spatial stationarity of intercomponent relationships in a middle-taiga landscape .....	5
<i>Geography and ecology</i>	
Kosheleva N.E., Timofeev I.V., Kasimov N.S. Distribution of heavy metals and metaloides in soil catenas of mining landscapes (case studies of Zakamensk, Russia, and Erdenet, Mongolia) .....	16
Lapchenko V.A., Chubarova N.Ye., Zhdanova E.Yu., Rozental V.A. Spatial variability of ground-level ozone, aerosol and solar UV radiation in southeast Crimea .....	33
<i>Methods of geographical studies</i>	
Myslenkov S.A., Markina M.Yu., Arkhipkin V.S., Tilinina N.D. Frequency of storms in the Barents Sea under modern climate conditions .....	45
Andreeva E. S., Lazareva E.O, Lipovitskaya I.N. The forecast of air pollution levels in St. Petersburg using a decision-making algorithm .....	61
<i>Regional studies</i>	
Zubarevich N.V., Safronov S.G. The share of food in total consumption of the population of Russian regions as an indicator of the standard of living and consumption modernization .....	65
Shchitova N.A., Belozerov V.S., Tikunov V.S. Socio-economic component of the assessment of the quality of life of rural population in the Stavropol Krai .....	69
Tkachenko A.A., Smirnov I.P., Smirnova A.A. Transformation of the rural settlement centers network in a municipal district of Central Russia .....	78
Savoskul M.S., Alekseev A.I., Kuznetsova G.Yu., Mozgunov N.A. Rural settlement and population registration within the zone of influence of the Moscow agglomeration (case study of the Borovsk raion of the Kaluga oblast) .....	86
<i>Short communications</i>	
Kotelyanets E.A., Soloveva O.V., Tikhonova E.A. Pollution of bottom sediments in the Donuzlav Lake .....	95
Margaryan V.G. Trends of extreme temperatures of the surface air layer within the Ararat Plain and its foothill zone .....	103
Zinovyev A.S., Morachevskaya K.A. Structure of current studies in human geography in foreign countries (following the materials of the Annual Meeting of the Association of American Geographers) .....	108

## К 95-летию ГЕОРГИЯ ИВАНОВИЧА РЫЧАГОВА

26 апреля исполняется 95 лет выдающемуся ученому и талантливому педагогу, географу, геоморфологу, доктору географических наук, заслуженному профессору Московского университета (1994), заслуженному деятелю науки РФ (1984), лауреату Ломоносовской премии МГУ за педагогическую деятельность (1996) и Анучинской премии (1981), почетному члену Русского географического общества (1990), ветерану Великой Отечественной войны, кавалеру орденов Отечественной войны I степени, Красной звезды, Ордена Почета, награжденному медалями «За победу над Германией», «За оборону Сталинграда», «За взятие Вены», «За взятие Будапешта» и др., профессору кафедры геоморфологии и палеогеографии (с 1978 г. по настоящее время) Георгию Ивановичу Рычагову.

Георгий Иванович Рычагов – один из самых почтенных профессоров Московского университета. Его жизнь отличают скромность, безукоризненная справедливость и честность, высокий профессионализм. Его блестящие лекции, увлекательные практики, живое и доброжелательное общение помнят поколения студентов, многие из которых давно стали преподавателями и передают жизненные уроки Г.И. Рычагова своим ученикам.

Жизненный путь Георгия Ивановича – яркий пример того, как деревенский мальчик из далекого села в Саратовской (ныне Пензенской) области смог стать профессором лучшего в стране университета. Он окончил среднюю школу за 5 дней до начала Великой Отечественной войны. В июне 1942 г. был призван в армию и направлен сначала в Вольскую высшую авиационную школу авиамехаников, а затем в действующую армию. Г.И. Рычагов – участник сложнейших этапов Великой Отечественной войны: Сталинградской и Курской битв, Корсунь-Шевченковской и Ясско-Кишиневской операций, штурма Будапешта и Вены. Он закончил войну в районе г. Санкт-Пельтен (в 60 км западнее Вены). Демобилизовался он в апреле 1948 г. и в этом же году поступил на географический факультет МГУ.

С отличием окончив университет (1953) и завершив обучение в аспирантуре защитой кандидатской диссертации, Г.И. Рычагов несколько лет проработал в Московском государственном педагогическом институте имени В.И. Ленина, а в 1965 г. вернулся в МГУ на родную кафедру геоморфологии. С этого времени он – постоянный участник и руководитель ежегодных экспедиций и учебных практик на побережье Каспийского моря – его главной творческой привязанности. Проблематика научных исследований профессора Г.И. Рычагова довольно широка. Однако основным итогом его многолетних исследований стали докторская дис-

сертация, а затем монография, посвященные четвертичной истории Каспийского моря, в которых он на основе детального геолого-геоморфологического анализа обосновал полностью оправдавшийся впоследствии долгосрочный прогноз колебаний уровня Каспия. Удивительная точность такого научного прогноза по существу позволила государству сэкономить значительные средства, которые предполагалось направить на переброску рек в Каспий.

Вместе со своими коллегами Г.И. Рычагов на основе детального исследования бассейна р. Протвы существенно уточнил стратиграфию среднего неоплейстоцена для Центра Восточно-Европейской равнины. По существу, эта территория стала стратотипическим районом для этого геологического времени, а в стратиграфическую терминологию региона вошло предложенное Г.И. Рычаговым понятие «сатинский горизонт».

Как профессор географического факультета МГУ, Г.И. Рычагов много сил отдает педагогической работе. Поражает его умение доходчиво объяснять сложные природные явления и взаимосвязи, удивительно точно подбирая для этого примеры из повседневной жизни. Не одно поколение студентов начинало учебу на факультете с его учебника «Общая геоморфология», написанного в соавторстве с О.К. Леонтьевым (в 1981 г. за этот учебник была присуждена Анучинская премия). В 2006 г. Г.И. Рычагов переработал и существенно дополнил учебник, который вошел в серию «Классический университетский учебник». Более 30 лет юбиляр читал курс «Общая геоморфология» для студентов первого курса географического факультета, создал и многие годы вел оригинальный курс «Геоморфологический анализ при палеогеографических реконструкциях» для студентов четвертого и пятого курсов. Он был одним из главных инициаторов создания легендарной сегодня Сатинской учебно-научной станции в бассейне реки Протвы, которая отметила свой 50-летний юбилей. Георгий Иванович разработал и внедрил в учебный процесс концепцию комплексной полевой учебной общегеографической практики для студентов первого курса, основанную на изучении взаимосвязей между компонентами географического ландшафта на единой территории.

Г.И. Рычаговым лично и в соавторстве написано более десяти учебных пособий, разработан ряд учебных программ лекционных курсов (включая базовый общемагистерский курс «Геоморфология с основами геологии») и учебных студенческих практик первого и второго курсов. Он руководил десятками студенческих курсовых и дипломных работ, подготовил 12 кандидатов наук (один из них стал

доктором наук). Десятки лет он вел учебную полевую практику для студентов первого (Красновидово, Сатино) и второго курсов (Крым, Дагестан). Георгий Иванович – автор более 20 монографий и более 150 научных статей, руководитель более десятка проектов, выполнявшихся по грантам РФФИ и иных научных фондов.

Г.И. Рычагов – тот человек, к кому в сложные минуты идут за советом. Жизненный опыт и редкий дар стратегического научного предвидения сочетаются у него с простотой в общении и мягким юмором. Георгий Иванович – любимец многих поколений студентов, признанный лидер в вопросах методики геоморфологических исследований и преподавания географии в высшей школе. С 1970 по 1980 гг. он был заместителем декана географического факультета по учебной и научной работе, а

с 1980 по 1990 г. – деканом факультета. В эти же годы он входил в Ученый совет МГУ, был председателем секции географии УМО университетов СССР, руководителем семинара географов стран – членов СЭВ, главным редактором журнала «Вестник Московского университета. Серия 5. География». Более четверти века входил в диссертационный совет географического факультета МГУ. С 1980 г. и до настоящего времени – член ученого совета географического факультета.

Для молодых коллег и учеников Георгий Иванович – пример честного отношения к науке, любви к природе и уважительного отношения к людям.

Поздравляем Георгия Ивановича Рычагова с юбилеем, желаем ему здоровья, бодрости и еще многих благодарных учеников и новых научных публикаций!

*Редколлегия журнала*

## ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК 911.52(470.11)

А.В. Хорошев<sup>1</sup>, К.А. Мерекалова<sup>2</sup>**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ МЕЖКОМПОНЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ  
В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЛАНДШАФТЕ**

Цель исследования – проверить гипотезу о нестационарности (изменчивости состава плейд коррелирующих свойств, тесноты связей и вида зависимости) межкомпонентных связей внутри ландшафтной единицы и о возможности ее внутренней дифференциации под влиянием рамочных условий геосистем более высокого ранга. Применено сравнение качества мультирегрессионных и корреляционных моделей в четырех вариантах: а) для центрального и периферийных секторов единого урочища; б) для серии выборок в секторах единого урочища, отличающихся по характеру соседствующих пространственных единиц; в) для двух типов фаций внутри местности; г) для выборок уровня ландшафта и отдельных местностей. Задача решалась на примере двух участков с разными степенями ландшафтного разнообразия в пределах структурно-эрозионно-моренной равнины в Устьянском районе Архангельской области. Состав корреляционных плейд свойств компонентов варьирует внутри ландшафта, что свидетельствует о нестационарности межкомпонентных связей. Фациальная дифференциация внутри урочища может контролироваться соседством с другими урочищами. Сохранение во внутренних секторах междуречья внутрифитоценологических отношений и частичное разрушение почвенно-фитоценологических свидетельствует о росте вклада саморазвития фитоценоза независимо от свойств морфолитогенной основы в условиях ослабленной дренированности. Снижение разнообразия ландшафтоформирующих факторов при переходе на более низкий иерархический уровень вызывает изменение состава корреляционных плейд свойств и тесноты связей.

*Ключевые слова:* ландшафт, связь, корреляция, нестационарность, иерархия

**Введение.** В ландшафтоведении и ландшафтной экологии давно отмечено, что характер связей между компонентами ландшафта различаются на разных иерархических уровнях [Крауклис, 1979]. Традиционная иерархическая модель подразумевает, что каждый процесс действует на определенном уровне пространственной организации. В последнее десятилетие получил развитие альтернативный «градиентный» подход. В нем считается, что процессы действуют в некотором диапазоне иерархических уровней и взаимодействуют друг с другом; на каждое свойство влияют процессы многих иерархических уровней [McGarigal, Cushman, 2005; Cushman, Nuetmann, 2010]. Первый шаг полимасштабного градиентного моделирования включает измерение переменных-предикторов и переменных-откликов в сети многочисленных одинаковых по размеру и прилегающих друг к другу операционных единиц. На втором шаге строится полимасштабная модель фактор-отклик. На третьем шаге модель используется для экстраполяции в пространстве и во времени. Градиентная модель позволяет проследить, как меняются в пространстве типы отношений между переменными, установить резкие и постепенные границы смены свойств или смены отношений между свойствами. Фактически эта же идея использу-

ется в ландшафтоведении [Хорошев, Алещенко, 2005], в цифровом почвенном картографировании [Цифровая ..., 2012]. Основной единицей становится «пиксел», а не монотонное «пятно» (patch), состоящее из множества похожих или отличающихся друг от друга пикселов. Пикселы могут отличаться друг от друга не только по набору экологических условий местообитания, но и по свойствам «влиятельных соседей», то есть по характеристикам окрестностей.

Градиентный подход противопоставляется традиционному матричному подходу ландшафтной экологии и, в некоторой степени – генетико-морфологическому подходу ландшафтоведения. В матричной модели не рассматривается локальное варьирование внутри пятна и матрицы (matrix); они принимаются как однородные [Forman, 2006]. Однако в реальности внутри матрицы есть варьирование и она в разной степени и по-разному на разных участках оказывает влияние на пятно. В ландшафтоведении обычно считается, что каждая единица внутренне неоднородна, кроме элементарной, хотя в последние годы понятие элементарности усложняется. Однородность по генезису, как и те процессы, в результате которых сформировался элементарный объект исследования (фация, например), не являются гаран-

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: avkh1970@yandex.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, мл. науч. с.; e-mail: merikalova@yandex.ru

тием одинаковой интенсивности ландшафтоформирующих процессов в пределах фации [Дьяконов, Линник, 2017]. Взаимодействие пространственной единицы с соседними и удаленными единицами требует учета позиционных факторов. Если урочище выделено, например, по признаку однородного плоского рельефа и единого генезиса отложений, то его внутренняя мозаичность может формироваться как варьированием гранулометрического состава и собственной динамикой фитоценоза, так и неодинаковым влиянием соседних урочищ в зависимости от положения по отношению к границе.

Выделена проблема перехода от точечных данных об интенсивности процесса к континуальному представлению структуры ландшафта [Линник, 2008; Etherington, Perry, 2012]. Предложено разрабатывать методы, которые позволили бы выявлять смены типов межкомпонентных связей в пространстве [Крауклис, Евдокимова, 1975; Lookingbill, Urban, 2004; Хорошев, Алещенко, 2005]. Если исследователь имеет в распоряжении набор описаний относительно равномерно распределенных в пространстве и имеет возможность соотнести каждое из описаний с пикселями цифровой модели рельефа или космоснимка, то можно проследить реакцию свойств компонентов ландшафта на постепенно меняющиеся свойства вмещающей геосистемы. Часто мы имеем дело с нестационарностью межкомпонентных отношений: их характер меняется от места к месту. Приходится определять, на каком участке пространства чувствительность свойства к абиотическому градиенту больше, на каком – меньше, меняется ли набор взаимодействующих элементов и вид зависимости.

Предмет нашего исследования – устойчивость связей в пространстве, которая почти не изучалась в ландшафтоведении. Под устойчивостью в пространстве мы понимаем неизменность состава пляд коррелирующих свойств, близость показателей тесноты связей и вида зависимости на разных участках ландшафта. Однотипность связей позволяет считать мозаичную территорию организованной по единому правилу, картографировать ее как единую геосистему, прогнозировать в ее пределах изменения во времени на основании принципа эргодичности. Рассматриваются ландшафтные связи двух разновидностей: внутриуровневые и межуровневые. Под внутриуровневыми связями подразумеваются зависимости между свойствами компонентов для территории, принадлежащей геосистеме того или иного иерархического ранга (например, связи почв и фитоценозов, рассчитанные на выборке фаций внутри урочища). Под межуровневыми связями понимаются зависимости свойств единиц низшего ранга от рамочных условий, накладываемых единицей более высокого ранга (например, свойств урочища от свойств местности) и наоборот. Связь оценивается на статистически достоверной выборке пространственных единиц, объединяемых типологической (тип фаций) или позиционной (расстояние до ландшафтной границы) принадлежностью.

Цель исследования – проверить гипотезу об устойчивости межкомпонентных связей внутри ландшафтной единицы и о возможности ее внутренней дифференциации под влиянием рамочных условий со стороны геосистем более высокого ранга. Основная задача – установить степень схождения/различия тесноты и вида связей: а) для центрального и периферийных секторов единого урочища; б) для серии выборок в секторах единого урочища, отличающихся по характеру соседствующих пространственных единиц; в) для двух типов фаций внутри местности; г) для выборок уровня ландшафта и отдельных местностей.

**Материалы и методы.** Задача об устойчивости внутриуровневых и межуровневых межкомпонентных связей в пространстве решалась на примере двух участков с разными степенями ландшафтного разнообразия в пределах структурно-эрозионно-моренной равнины в Устьянском районе Архангельской области (рис. 1). Первый участок «Козловка» включает плоскую водораздельную поверхность и пологий приводораздельный склон с елово-березово-сосновыми чернично-зеленомошными лесами на агродерново-подзолистых и торфянисто-подзолистых почвах на междуречье рек Стругницы и Козловки площадью 0,787 км<sup>2</sup>. Исследование обеспечено равномерной сеткой из 99 комплексных ландшафтных описаний, расположенных друг от друга на среднем расстоянии 100 м. 51 фация описана в урочище плоской поверхности междуречья на расстоянии до 169 м от бровки, 48 фаций – на пологом приводораздельном склоне на расстоянии до 120 м от бровки. Почвенно-фитоценологические связи внутри участка были описаны нами ранее [Хорошев с соавт., 2008; Хорошев, 2016]. На новом этапе мы исследуем варьирование вида и тесноты связей внутри участка. Данные с участка «Козловка» использованы для получения серии выборок пространственных единиц, объединяемых территориальным единством. Мультирегрессионные модели связей в плееде пересчитывались для разных групп описаний, отличавшихся по позиции в пределах урочища: а) по удаленности от бровки склона, б) по ширине сектора водораздельной поверхности, в) по вертикальной расчлененности в группе соседствующих урочищ, выраженной через стандартное отклонение высот в скользящем квадрате с линейными размерами от 3- до 11-кратных размерам пикселей.

Участок «Медвежий» отличается от предыдущего более крупными размерами (10 км<sup>2</sup>), ступенчатым строением междуречья и более высокой степенью заболоченности [Хорошев с соавт., 2013]. Он расположен в пределах двух местностей структурно-эрозионно-моренного ландшафта – «дренированной» и «недренированной». Первая представляет собой относительно расчлененную, структурно-эрозионную холмисто-увалистую равнину с относительно мощным чехлом песчано-супесчаных отложений, подстилаемых суглинками, с господством сосняков можжевельниковых чернично-брусничных зеленомошных на агродерново-подзолистых почвах. Вто-

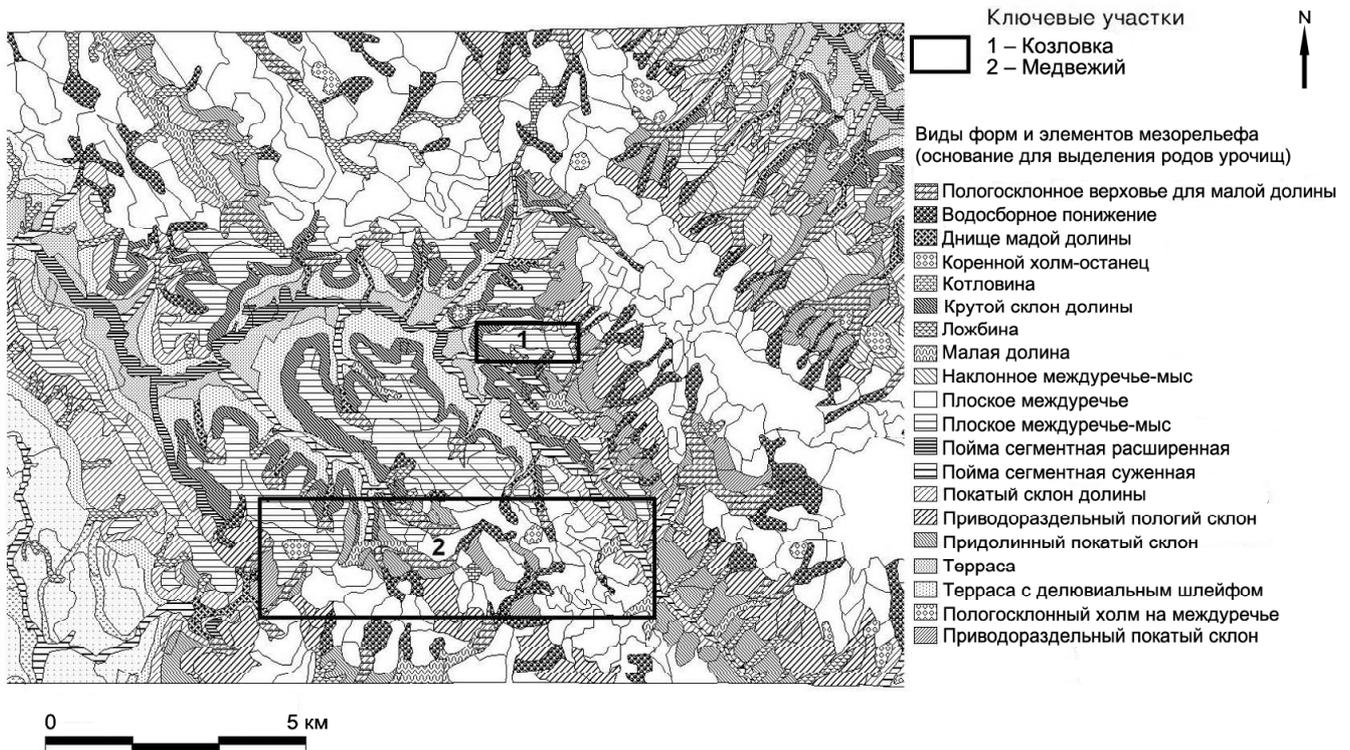


Рис. 1. Урочища средней части бассейна р. Заячья и расположение ключевых участков  
 Fig. 1. Urochishshes of the middle part of the Zayachia River basin and the location of key sites

рая местность представлена слаборасчлененной плохо дренированной структурно-моренной равниной, образованной по поверхностям неотектонических микроблоков, с маломощным песчано-супесчаным чехлом, подстилаемым суглинками, с березово-сосново-еловыми, преимущественно долгомошными, лесами на торфянисто-подзолистых почвах в сочетании с березово-сосновыми осоково-сфагновыми переходными болотами на торфяниках. Данные с участка «Медвежий» использованы для получения серии выборок в геосистемах разных иерархических рангов и типов. Всего здесь использовано 89 описаний, каждое из которых репрезентативно для урочища или подурочища, а не фации, как на участке «Козловка». На первом шаге анализировалась выборка для уровня ландшафта, включающая точки полевых описаний из обеих местностей (рис. 2). На втором шаге массив разделен на две выборки (уровень местностей), для которых выявлены вариации состава плейд и тесноты связей между свойствами. На третьем шаге сравнивались модели межкомпонентных связей отдельно для лесных и болотных фаций недренированной местности.

Методом многомерного шкалирования проведено снижение размерности исходных полевых описаний. Этот метод позволяет оперировать не индивидуальными свойствами, а совокупностями коррелирующих свойств. Для каждого яруса фитоценоза, для характеристик строения почв, цвета почв, гранулометрического состава отложений выделены латентные переменные-оси, каждая из которых характеризует положение фации на градиенте от од-

ного из экологических факторов (трофности, влажности, сукцессии и др.). Для участка «Козловка» выделено 19 осей дифференциации ярусов фитоценоза (5 осей дифференциации травостоя, 5 – древесостоя, 4 – кустарников, 2 – кустарничков, 3 – мхов), 4 – мощностей генетических горизонтов почв, 4 – цветовых характеристик почв, 4 – гранулометрического состава почв. Для участка «Медвежий» выделено 26 осей дифференциации ярусов фитоценоза (8 – травостоя, 6 – древесостоя, 6 – кустарников, 4 – кустарничков, 2 – мхов), 4 – мощностей генетических горизонтов почв, 6 – цветовых характеристик почв, 4 – гранулометрического состава почв. Положение фации на оси отражает соотношение признаков с противоположной реакцией на экологический фактор: например, соотношение гигрофитов и мезофитов как мера влажности местообитания. Путем построения матрицы непараметрических корреляций Спирмена между парами осей, методом главных компонент и кластерного анализа установлены плейды взаимосвязанных (сопряженно меняющихся в пространстве) свойств. Для основных плейд путем постановки каждой переменной на место зависимой и перерасчета коэффициента детерминации выбрано наилучшее линейное мультирегрессионное уравнение и уравнение второй степени регрессии поверхности отклика (Response surface regression) с максимальным коэффициентом детерминации.

**Результаты.** Для участка «Козловка» первая плейда взаимосвязанных свойств отражает сопряженную реакцию кустарничков, кустарников, трав и строения почвенных горизонтов на богатство ми-



Рис. 2. Схема ландшафтной структуры участка «Медвежий» и принцип формирования выборок

Fig. 2. Scheme of the landscape structure of the Medvezhij key site and the principle of sampling

нерального питания. Наивысшее качество модели (коэффициент детерминации (КД) в уравнении регрессии поверхности отклика  $R^2=0,56$ , в линейном мультирегрессионном уравнении – 0,45) достигается при использовании в качестве зависимой переменной первой по значимости оси дифференциации кустарничков, которая отражает противоположную реакцию на минеральное питание бореальных и неморальных видов. Для модели установлено, что ошибки мультирегрессионной модели (разность между наблюдаемыми и предсказанными значениями) в сторону завышения предсказанных значений возрастают при минимальной вертикальной расчлененности окрестностей в квадрате со стороной 90 м (рис. 3). Этот результат доказывает ослабление связей в пляде во внутреннем плоском секторе междуречья по сравнению с периферийным сектором и приводораздельными частями склонов.

Оказалось, что теснота связи, вид зависимости в пляде и набор значимых независимых переменных зависят от положения группы фаций по отношению к бровке склона (табл. 1). На плоском междуречье и в приборочной позиции (не более 40 м по горизонтали ниже бровки) соотношение видов в ярусах фитоценоза является реакцией на сохранность признаков пахотных режимов довоенного времени в почвах. В частности, на старопашотных агродерново-подзолистых почвах практически отсутствует кустарничковый ярус, из кустарников

отсутствуют шиповник и можжевельник, но всегда повышено обилие малины и смородины по сравнению с фитоценозами на зональных подзолистых и торфянисто-подзолистых почвах. Однако в приводораздельной части склонов почвенно-фитоценотические связи ослабевают, что свидетельствует о росте разнообразия комбинаций свойств вследствие роста разнообразия факторов. Во внутренней части междуречья (более 60 м от бровки) почвенно-фитоценотические связи становятся недостоверными. В то же время сохраняются чисто фитоценотические отношения (прежде всего, между кустарниками и кустарничками). Наиболее высокое качество модели связей в пляде достигается во внутреннем секторе междуречья (на расстоянии более 90 м от бровки). При сходном собственном рельефе фаций варьирование обилий кустарников, кустарничков и мхов контролируется вертикальной расчлененностью в квадратной окрестности со стороной 330 м. В приборочной части плоской водораздельной поверхности достоверных зависимостей от вертикальной расчлененности вышестоящей геосистемы не выявлено.

Обнаружена зависимость состава пляд от строения почвообразующей толщи. На двучленных отложениях (песчано-супесчаный плащ мощностью 25–40 см, подстилаемый тяжелыми суглинками) существуют достоверные связи между свойствами кустарников, кустарничков, мхов, трав и мощностью почвенных горизонтов, чувствительных к трофнос-

ти. На песках и супесях достоверными сохраняются связи только между кустарниками, кустарничками и мхами, причем с меньшей теснотой, чем на двучленных отложениях. Проверка гипотезы о значимости межурочных взаимодействий для межфациального варьирования внутри водораздельной поверхности показала следующее. Наиболее тесные связи в пляде, охватывающие все ярусы фитоценоза и почву, достигаются в наиболее широком восточном секторе междуречья с минимальной расчлененностью (табл. 2).

При этом по сравнению с узкими секторами, соседствующими с крутыми склонами, повышенная вариабельность обилия кустарников и мхов отражает варьирование набора и мощностей почвенных горизонтов. Вид зависимости (знаки при параметрах уравнения) выдерживаются во всех трех секторах независимо от характера соседства.

Вторая пляда связывает свойства кустарникового, древесного и травяного ярусов со степенью оподзоленности/гумусированности почв. В ней теснота связей также зависит от положения по отношению к бровке склона (табл. 1). Однако, в отличие от первой пляды, более тесные связи наблюдаются в приводораздельной части пологого склона и ослабевают по мере продвижения вглубь плоской водораздельной поверхности. КД линейного мультирегрессионного уравнения достигают максимума (0,83 в выборке из 69 наблюдений) на склоне и в прибровочной полосе. Внутри плоской водораздельной поверхности наблюдается слабая сопряженность варьирования свойств почв и фитоценоза.

Для ключевого участка «Медвежий» выделены две корреляционные пляды свойств компонентов ландшафта. Первая пляда включает свойства растительного покрова, чувствительные, в основном, к трофности местообитания (соотношение мезо-, мезо- и олиготрофных видов деревьев, кустарников, кустарничков и трав). Во вторую пляду вошли свойства компонентов ландшафта, чувствительные к влажности – соотношение ксерофитных, мезофитных и болотных видов растительного покрова, торфяных и подзолистых почв.

Разделение массива данных на две локализованных в пространстве выборки («дренированная» и «недренированная» местности) привело к значительному увеличению как количества взаимосвязанных свойств компонентов ландшафта (с 15 до 28–30), так и количества парных корреляционных связей между ними (с 17 до 25–45). Для дренированной местности теснота связей с другими свойствами компонентов увеличилась для боровых видов кустарников и кустарничков (можжевельник, вереск, брусника и др.) (КД до 0,87), а также для соотношения зеленых мхов и лишайников (индикаторы сухих и свежих гигротопов) со сфагнумом (сырые и мокрые гигротопы) в моховом покрове (КД 0,59). В дренированной местности, по сравнению с выборками недренированной местности и всего ландшафта, стала достоверной и сильной (КД 0,52–0,8) вза-

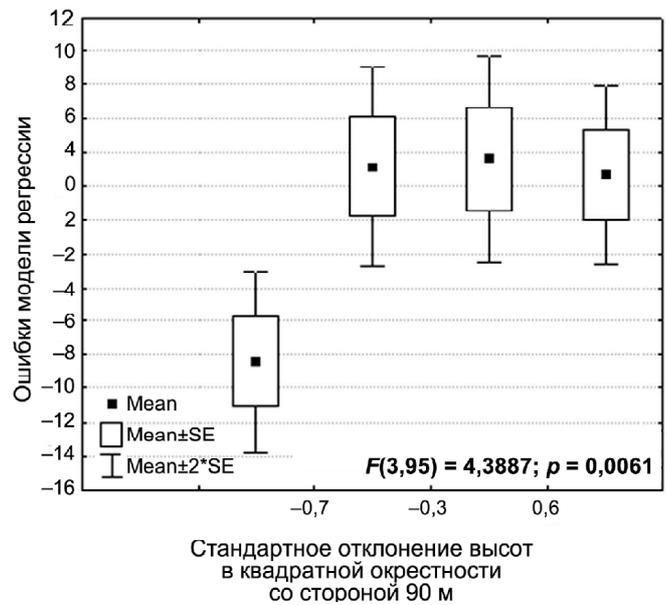


Рис. 3. Зависимость ошибок модели регрессии поверхности отклика для первой оси дифференциации кустарничков (участок «Козловка») от вертикальной расчлененности рельефа в квадратной окрестности со стороной 90 м. Уравнение отражает связь обилия кустарничков с обилием кустарников, трав, мхов и мощностью почвенных горизонтов в зависимости от трофности. Mean – среднее, SE – стандартная ошибка

Fig. 3. Dependence of the errors of regression model of the response surface for the first differentiation axis of low shrubs (the Kozlovka key site) on the roughness of relief within the adjacent squares of 90 m sides. The equation reflects the relation of low shrubs abundance and that of bushes, herbs and mosses and the depth of soil horizons depending on the nutrient status. SE is for standard error

имосвязь строения почвенного профиля (набор и мощность горизонтов) с совокупностью ярусов фитоценоза. Последние представлены осями дифференциации: а) древостоя, отделяющими сосну от ели с осинкой (фактор трофности) и сосну с подростом ели от березы с подростом сосны (различие боров и болот – фактор влажности); б) несколькими осями дифференциации травостоя, связанными с фактором влажности; в) осью дифференциации кустарничкового яруса, разделяющей вереск с голубикой и костянику (фактор трофности), и осью, разделяющей чернику, с одной стороны, и вереск, морознику – с другой (то есть противопоставляющей бореальные местообитания всем остальным); 4) осью дифференциации мохового яруса, разделяющей зеленые мхи и лишайники со сфагнумом (фактор влажности). В недренированной местности две пляды выделяются гораздо более четко. При этом теснота связей свойств компонентов, чувствительных к влажности, здесь больше (КД 0,5–0,65), чем в дренированной местности (КД на 0,15–0,2 меньше). Свойства растительности, чувствительные к трофности, в основном, также сильнее взаимосвязаны по сравнению с дренированной местностью. В целом, для этой местности характерны более сильные взаимосвязи между свойствами ярусов фитоценоза

Таблица 1

**Качество мультирегрессионного уравнения первой степени (участок «Козловка») в зависимости от расстояния до бровки**

Расстояние до бровки, м	Количество точек описания в выборке	Доля объясненной дисперсии, % (в скобках – уровень значимости $p$ -level)	
		плеяда 1	плеяда 2
90–...	13	67 (0,04)	71 (0,02)
60–...	27	43 (0,01)	62 (0,0001)
30–...	42	39 (0,0007)	56 (0,000002)
0–...	50	41 (0,00006)	61 (0,000000)
–30–...	70	44 (0,00000)	60 (0,000000)
–60–...	80	45 (0,00000)	56 (0,000000)
–90–...	88	46 (0,00000)	54 (0,000000)
–120–...	99 (весь массив)	45 (0,00000)	57 (0,000000)
4 непересекающиеся выборки			
–120...–45	24	14 (0,55)	83 (0,0000)
–44...–1	24	22 (0,30)	60 (0,0011)
0...59	24	48 (0,009)	66 (0,0002)
60...169	27	44 (0,01)	62 (0,0001)
4 пересекающиеся выборки			
–120...30	69	35 (0,00001)	66 (0,0000)
–89...60	67	33 (0,00004)	54 (0,0000)
–59...90	67	40 (0,000002)	53 (0,0000)
–39...169	70	43 (0,000000)	60 (0,0000)

Примечание. Плейда 1: зависимая переменная – первая ось дифференциации кустарничков; независимые переменные – оси дифференциации кустарничков, трав, мхов, мощностей почвенных горизонтов, чувствительные к трофности. Плейда 2: зависимая переменная – первая ось дифференциации деревьев; независимые переменные – оси дифференциации кустарничков, трав, мощностей почвенных горизонтов, вторая ось дифференциации деревьев, чувствительные к гумусированности/оподзоленности почв.

Таблица 2

**Качество мультирегрессионного уравнения первой степени в зависимости от ширины плоской водораздельной поверхности (участок «Козловка»)**

Долготный сектор	Средняя ширина водораздельной поверхности	Количество точек описания в выборке	Доля объясненной дисперсии, %	Уровень значимости ( $p$ -level)
Для четырех секторов				
1	100	25	43	0,02
2	250	23	47	0,016
3	400	25	41	0,02
4	1000	26	65	0,0001
Для трех секторов				
1	200	34	49	0,0005
2	300	33	25	0,07
3	400	32	78	0,0000

Примечание. Зависимая переменная – первая ось дифференциации кустарничков. Независимые переменные – оси дифференциации кустарничков, трав, мхов, мощностей почвенных горизонтов, чувствительные к трофности.

(кроме обилия боровых видов). Однако при этом свойства почвенного профиля практически независимы от фитоценоза, в отличие от дренированной местности.

Для определения особенностей изменения пространственной структуры межкомпонентных связей внутри сложных урочищ были проанализированы отдельно лесные и болотные фации в пределах плоских междуречий недренированной местности. В результате выявлено, что при меньшем количестве достоверно взаимосвязанных свойств компонентов ландшафта в пределах всего междуречья (21 против 30 для лесных фаций), количество парных связей в обоих случаях сопоставимо (43 и 45 соответственно). Для болотных фаций оба показателя больше почти в два раза: 38 (из 40) взаимосвязанных осей дифференциации и 72 сильных (более 0,5) парных корреляций. Для лесных фаций выделяются две корреляционные плеяды взаимосвязанных свойств растительности, чувствительных к влажности (7 переменных) и трофности (15 переменных). Для болотных фаций и междуречья в целом такие плеяды не выявляются, так как многие свойства растительности и почв имеют достоверные связи с большим количеством переменных. В результате КД для наборов взаимосвязанных свойств (19 переменных для всего урочища и 23 – для болотных фаций) также больше почти для всех свойств ландшафтных компонентов при анализе всего междуречья, а для болот достигают 0,95–0,99. Таким образом, жестко детерминированные межкомпонентные отношения внутри болотных фаций вносят значительный вклад в результаты анализа связей для уровня вмещающих единиц, в данном случае – для уровня сложного урочища. При этом позиционный фактор дифференциации плоской поверхности незначим: распределение заболоченных и суходольных фаций внутри междуречья не объясняется расстоянием до бровок водораздельной поверхности (рис. 4), а подчиняется структуре небольших линейных элементов, связанных с блоковой тектоникой.

**Обсуждение результатов.** Исследование показало, что каждая местность характеризуется специфическим набором парциальных геосистем и теснотой связей в плеядах. Кроме того, на вид межкомпонентных зависимостей и тесноту связей могут оказывать влияние геометрические свойства урочища и набор примыкающих соседних урочищ, иначе говоря – рамочные условия со стороны геосистемы более высокого ранга. Следовательно, прогноз потенциальных цепных реакций в ландшафте при внешнем воздействии может варьировать в зависимости не только от собственных свойств урочища, но и от свойств вышестоящих геосистем.

Сравнение корреляционных плеяд в дренированной и недренированной местности, в периферийном и центральном секторах плоского водораздельного урочища показало, что по мере ослабления дренажа сокращается значимость фактора трофности и растет значимость фактора влажности в межкомпонентных отношениях и в пространственной диф-

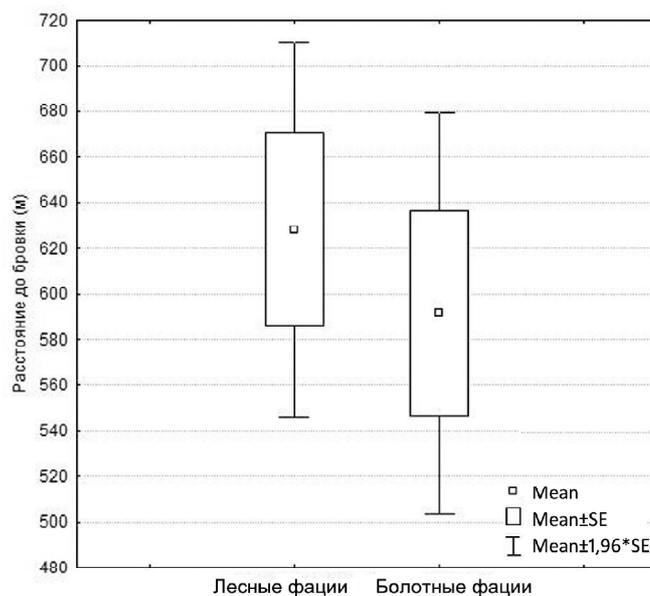


Рис. 4. Отсутствие значимых различий в расположении лесных и болотных фаций (участок «Медвежий») относительно бровки водораздельной поверхности ( $F=0,35$ ;  $p=0,55$ )

Fig. 4. Absence of significantly different positions of forest and bog facies (the Medvezhij key site) in relation to the interfluvial edge ( $F=0,35$ ;  $p=0,55$ )

ференциации. Одновременно фитоценоз становится более замкнутой саморазвивающейся системой, отчасти «отрывается» от почв. При этом необходима «поправка» на строение почвообразующей толщи. Так, двучленные отложения (при подстилании супесей суглинками на глубине 10–50 см) способствуют усилению зависимости фитоценоза от почв по сравнению с почвами, целиком формирующимися в мощных супесчаных или песчаных отложениях. Это объясняется тем, что на двучленных отложениях микромасштабное (фациальное) варьирование фактора трофности может контролировать состав ярусов фитоценоза в зависимости от глубины залегания суглинка.

Внутри водораздельного урочища под действием фактора соседства происходит обособление ландшафтных единиц более низкого ранга. Высокое качество модели связей в плеяде во внутреннем секторе междуречья свидетельствует о наличии закономерной мозаичности, наличии обособленных ландшафтных единиц низкого иерархического уровня. При одинаковом собственном рельефе фаций наличие рамочных условий со стороны геосистемы более высокого ранга доказывается зависимостью обилия кустарничков и мхов от рельефа окрестностей со стороной 90 м. Из этого следует, что геоморфологически и литологически однородное «урочище» на самом деле дифференцировано в зависимости от ландшафтного соседства: чем более глубоко расчленена окрестность, тем больше сказывается повышенное минеральное питание, тем меньше развит зональный кустарничково-моховый ярус из черники, брусники, политрихума и сфагну-

ма. Это позволяет выделить внутри урочища единицы более низкого ранга, образующие закономерный факторально-динамический ряд (в данном случае по степени выраженности фактора трофности); при этом знание о локальных отклонениях от основного вида зависимости дает возможность отделить сектора урочища, где его действие маскируется иными факторами и вид зависимости меняется или зависимость ослабевает (рис. 5). Напротив, в периферийной части урочища водораздельной поверхности локальные фациальные взаимодействия более значимы, чем рамочные условия вышестоящей геосистемы. Состояние ярусов кустарников, кустарничков и мхов склоновых фитоценозов не только определяются собственными свойствами фаций, но и отражают латеральное перераспределение влаги и элементов минерального питания между плоской водораздельной поверхностью, нижележащим крутым склоном долин и днищем долин, что доказывается их зависимостью от рельефа окрестностей, как и во внутренней части междуречья.

Повышенная взаимоадаптированность компонентов в центральном секторе установлена только для внутрифитоценологических связей, частично контролируемых рамочными условиями со стороны геосистемы более высокого ранга. Для внутренней части плоской водораздельной поверхности характерна мозаичность, порождаемая в основном внутрифитоценологическими взаимодействиями, отчасти контролируемые вариациями мощности песчано-супесчаного плаща, а также степенью расчлененности – набором соседних урочищ. Под влиянием латеральных связей с соседними пространственными единицами внутри урочища плоской водораздельной поверхности обособляются единицы более низкого иерархического уровня. В прирвовочной части водораздельной поверхности проявляется внутриурочищная дифференциация почв и фитоценозов, связанная с контрастностью условий выноса и накопления элементов минерального питания. На пологом приводораздельном склоне, граничащем с крутыми склонами долин, наблюдается большое разнообразие комбинаций свойств ярусов фитоценоза (ослабление взаимной детерминированности ярусов) при относительно чуткой реакции на соотношение гумусированности и оподзоленности почв.

Пространственная устойчивость структуры межкомпонентных связей (состав плейд взаимосвязанных свойств) проявляется при изменении масштабного уровня анализа в случае сохранения разнообразия факторов дифференциации. Тогда структура корреляционных плейд сохраняется при переходе от ландшафтного иерархического уровня к уровню отдельной местности. В нашем случае это означает, что в недренированной местности состав плейд воспроизводит таковой для ландшафта в целом, поскольку фактор трофности на обоих иерархических уровнях является значимым наряду с фактором влажности. В отличие от этого, в дренированной местности значимость фактора трофности снижа-

ется, что приводит к уменьшению литозадафического разнообразия, а фактор влажности становится ведущим. В этом случае (уменьшения разнообразия при переходе на более низкий иерархический уровень) состав плейд и связи в ней меняются, и не приходится говорить о пространственной устойчивости межкомпонентных связей.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости модернизации подходов к ландшафтному картографированию с целью более адекватного отражения латеральных влияний между соседствующими природными комплексами, в том числе занимающими более низкие гипсометрические позиции. Это может достигаться применением более гибких способов показа границ с отражением ширины полосы постепенных переходов, вероятности принадлежности к соседним классам, неопределенности классификационной принадлежности. Варьирование тесноты межкомпонентных связей внутри урочища требует включения позиционного фактора в число причин возможного неодинакового хода цепных реакций при внешнем воздействии. Кроме того, данные о неодинаковой тесноте связей могут использоваться для обоснования степени дробности картографирования: чем более жесткие связи между компонентами (то есть разнообразие комбинаций ограниченное), тем, как правило, более дробная ландшафтная структура. Речь идет не об отказе от традиционного геолого-геоморфологического подхода к выделению ландшафтных единиц, а о более системном его применении с учетом разномасштабных латеральных взаимодействий. Последовательная проверка гипотез о размерах значимой окрестности позволяет увеличить достоверность идентификации геосистем с внутренними латеральными взаимодействиями. Некоторое ослабление почвенно-фитоценологических связей (в отличие от внутрифитоценологических) на слабодренированных территориях заставляет с осторожностью подходить к возможностям фитоиндикации свойств почв в подобных условиях, в частности – при определении типов леса в лесном хозяйстве, планировании мелиораций.

#### **Выводы:**

– состав корреляционных плейд свойств компонентов существенно варьирует внутри ландшафта, что свидетельствует о существенной нестационарности межкомпонентных связей;

– фациальная дифференциация внутри геоморфологически и литологически однородного урочища может контролироваться соседством с другими урочищами, что требует учета позиционного фактора при ландшафтном картографировании;

– сохранение во внутренних секторах междуречья внутрифитоценологических отношений и частичное разрушение почвенно-фитоценологических свидетельствует о росте вклада саморазвития фитоценоза независимо от свойств морфолитогенной основы в условиях ослабленной дренированности, что накладывает ограничения на возможности фитоиндикации почв;

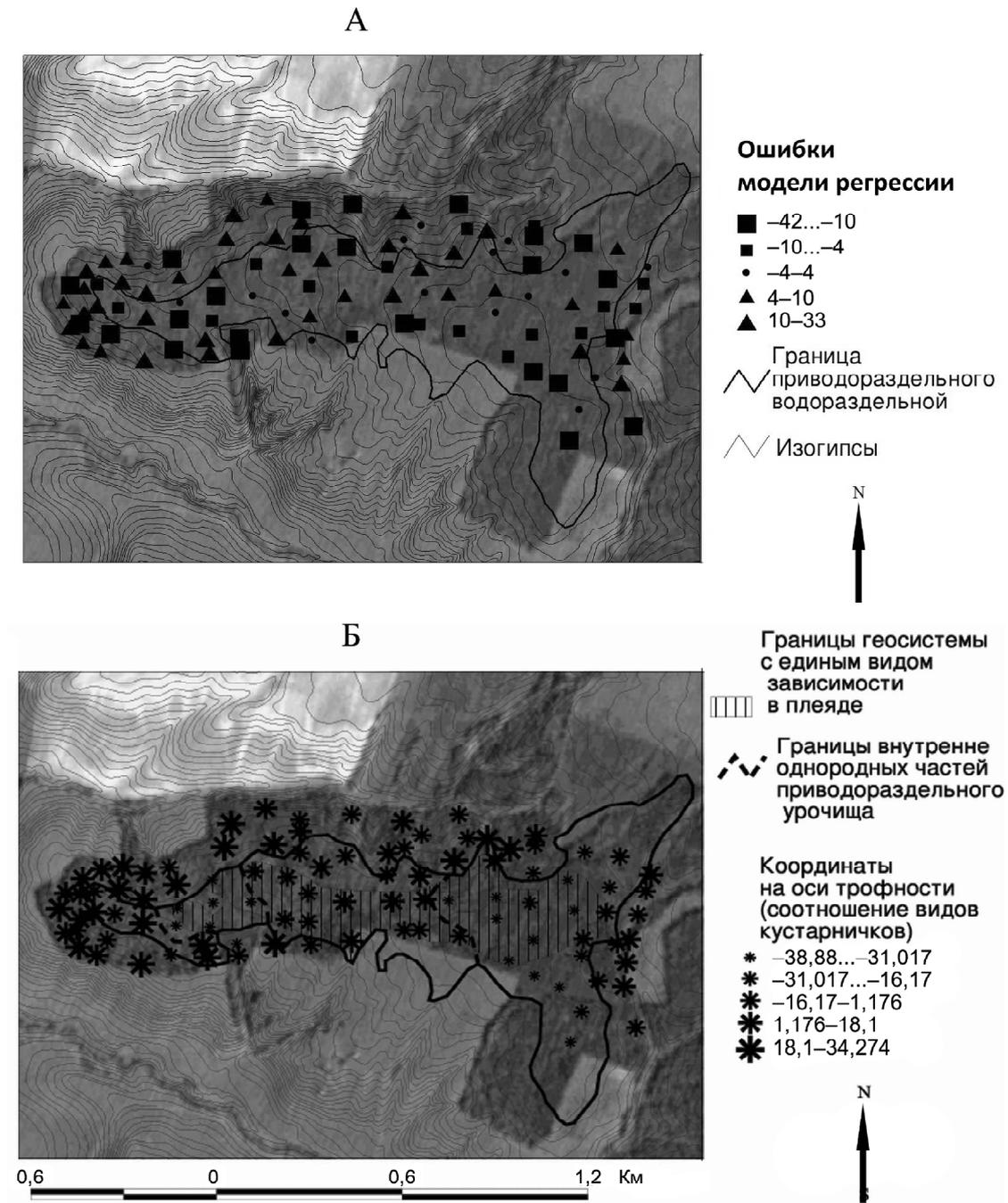


Рис. 5. Внутренняя дифференциация приводораздельного урочища (участок «Козловка»). Обозначения: А – ошибки модели регрессии, связывающей в единую плеяду свойства кустарничков, кустарников, трав, мхов, мощностей почвенных горизонтов, чувствительные к трофности. Малые значки соответствуют фациям, подчиняющимся единому виду зависимости; Б – соотношение видов кустарничков как индикатор внутренней дифференциации урочища – координаты на оси трофности. Малые значки соответствуют высокому обилию типичных бореальных кустарничков черники и брусники, крупные значки – их отсутствию или малому обилию при повышенном обилии костяники. Заштрихована часть урочища с устойчивым в пространстве видом взаимозависимости свойств, с мозаичной внутренней структурой, но при едином ведущем факторе дифференциации свойств, входящих в плеяду

Fig 5. Inner differentiation of the near-watershed urochishhe (the Kozlovka key site). Legend: A – errors of regression model linking the nutrient status-dependent properties of low shrubs, bushes, herbs and mosses and the depths of soil horizons. Small symbols correspond to facies having a uniform type of dependence; B – ratio of low shrub species as an indicator of inner differentiation of the urochishhe – coordinates on the nutrient status axis. Small symbols correspond to high abundance of typical boreal low shrubs, i.e. bilberry and cowberry; large symbols are for their absence or small abundance at the increased abundance of stone bramble. The shaded part of the urochishhe has a spatially stable type of properties interdependence, the mosaic internal structure, but a uniform leading factor of differentiation of properties of the correlation group

– устойчивость межкомпонентных связей в пространстве зависит от иерархического уровня геосистем; снижение разнообразия ландшафтоформирую-

щих факторов при переходе на более низкий иерархический уровень вызывает изменение состава корреляционных плеяд свойств и тесноты связей.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-05-00447).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дьяконов К.Н., Линник В.Г. Некоторые проблемы науки о ландшафте XXI века // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: мат-лы XII межд. ландшафтной конф. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2017. Т. 1. С. 19–24.

Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 232 с.

Крауклис А.А., Евдокимова В.Н. Опыт количественного описания натурной модели // Природные режимы и топогеосистем Приангарской тайги. Новосибирск: Наука, 1975. С. 246–269.

Линник В.Г. Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов: геоинформационные системы и модели. Автореф. дис. ... докт. геогр. н. М., 2008. 40 с.

Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 416 с.

Хорошев А.В., Алещенко Г.М. Пространственная дифференциация типов межкомпонентных отношений в ландшафте // Научные чтения, посвященные 100-летию со дня рождения академика В.Б. Сочавы. Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 2005. С. 42–46.

Хорошев А.В., Артемова О.А., Матасов В.М., Коцеева А.С. Иерархические уровни взаимосвязей между рельефом, почва-

ми и растительностью в среднетаежном ландшафте // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2008. № 1. С. 66–72.

Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования / Гл. ред. А.Л. Иванов. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. 350 с.

Cushman S.A., Huetmann F. (Eds.) Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation. Springer, Tokyo Berlin Heidelberg New York, 2010. 458 p.

Etherington T.R., Perry G.L.W. Using point process intensity to establish the spatio-temporal grain of continuous landscape tessellations and graphs // Landscape Ecology. 2012. V. 27. P. 1083–1090.

Forman R.T.T. Land Mosaics. Cambridge University Press, 2006. 632 p.

Lookingbill T., Urban D. An empirical approach towards improved spatial estimates of soil moisture for vegetation analysis // Landscape Ecology. 2004. V. 19. № 4. P. 417–433.

McGarigal K., Cushman S.A. The gradient concept of landscape structure / Eds.: J. Wiens, M. Moss. Issues and perspectives in landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 2005. P. 112–119.

Поступила в редакцию 22.02.2018

Принята к публикации 06.12.2018

После доработки 16.01.2019

A.V. Khoroshev<sup>1</sup>, K.A. Merekalova<sup>2</sup>

#### SPATIAL STATIONARITY OF INTERCOMPONENT RELATIONSHIPS IN A MIDDLE-TAIGA LANDSCAPE

The research aims to test a hypothesis about nonstationarity of intercomponent relationships within a landscape unit, namely the composition of correlation groups, linkage density and the type of interdependency. We hypothesize also that inner differentiation of a landscape unit is possible within the framework conditions imposed by higher-order geosystems. We compare the quality of multiregression and correlation models for: a) central and peripheral sectors of a single unit; b) data sets of the sectors of a unit having different neighboring units; c) two types of facies within a locality; d) data sets of landscape and locality levels. Case study was performed in the Ustyansky district of the Arkhangelsk region, in the middle taiga landscape with structural relief shaped by glacial and erosion processes. The composition of correlation groups of landscape properties varies within the landscape thus evidencing the non-stationary nature of intercomponent relationships. Facial differentiation within urochishche could be conferred by neighboring urochishches. The interior sections of interfluvial areas preserve the linkages among vegetation

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: avkh1970@yandex.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Junior Research Scientist; e-mail: merekalova@yandex.ru

layers in comparison with partly destroyed soil-vegetation relationships. This could be explained by the higher input of phytocoenosis self-development under poor drainage conditions regardless the properties of the morpholithogenous basis. Decreasing diversity of landscape-forming drivers at the lower hierarchical level results in the changes of correlation groups and linkage density.

*Key words:* landscape, linkage, correlation, nonstationarity, hierarchy

**Acknowledgements.** The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 17-05-00447).

## REFERENCES

- Cifrovaja pochvennaja kartografija: teoreticheskie i jeksperimental'nye issledovanija [Digital soil mapping: theoretical and experimental studies] / Gl. red. A.L. Ivanov. Pochvennyj institut imeni V.V. Dokuchaeva, Moscow, 2012. 350 p. (In Russian)
- Cushman S.A., Huettmann F. (Eds.) Spatial Complexity, Informatics, and Wildlife Conservation. Springer, Tokyo Berlin Heidelberg New York, 2010. 458 p.
- D'jakonov K.N., Linnik V.G. Nekotorye problemy nauki o landshafte XXI veka [Challenges for the landscape science in the 21<sup>st</sup> century] // Landshaftovedenie: teorija, metody, landshaftno-jekologicheskoe obespechenie prirodopol'zovanija i ustojchivogo razvitija: mat-ly XII Mezhd. landshaftnoj konferencii. Izd-vo Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta, Tjumen, 2017. V. 1. P. 19–24. (In Russian)
- Etherington T.R., Perry G.L.W. Using point process intensity to establish the spatio-temporal grain of continuous landscape rastitel'nost'ju v srednetaeznom landshafte [Hierarchical levels of interrelationships between relief, soil and vegetation in a middle-taiga landscape] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5, Geografija. 2008. № 1. P. 66–72. (In Russian)
- Forman R.T.T. Land Mosaics. Cambridge University Press, 2006. 632 p.
- Khoroshev A.V. Polimasshtabnaja organizacija geograficheskogo landshafta [Multiscale organization of a geographical landscape]. Moscow: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2016. 416 p. (In Russian)
- Khoroshev A.V., Aleshchenko G.M. Prostranstvennaja differenciacija tipov mezhhkomponentnyh otnoshenij v landshafte [Spatial differentiation of intercomponent linkages types in a landscape] // Nauchnye chtenija, posvjashhjonnye 100-letiju so dnja rozhdenija akademika V.B. Sochavy. In-t geografii SO RAN, Irkutsk, 2005. P. 42–46. (In Russian)
- Khoroshev A.V., Artemova O.A., Matasov V.M., Koshheeva A.S. Ierarhicheskie urovni vzaimosvjazej mezhdur'efom, pochvami i rastitel'nost'ju v srednetaeznom landshafte [Hierarchical levels of interrelationships between relief, soil and vegetation in a middle-taiga landscape] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5, Geografija. 2008. № 1. P. 66–72. (In Russian)
- Krauklis A.A. Problemy jeksperimental'nogo landshaftovedenija [Problems of the experimental landscape science]. Novosibirsk: Nauka, 1979. 232 p. (In Russian)
- Krauklis A.A., Evdokimova V.N. Opyt kolichestvennogo opisanija naturnoj modeli [Experience of quantitative description of a large-scale model] // Prirodnye rezhimy i topogeosistem Priangarskoj tajgi. Novosibirsk: Nauka, 1975. P. 246–269. (In Russian)
- Linnik V.G. Landshaftnaja differenciacija tehnogennyh radionuklidov: geoinformacionnye sistemy i modeli [Landscape differentiation of technogenic radionuclides: geoinformation systems and models]. Avtoref. dis. ... dokt. geogr. n. Moscow, 2008. 40 p. (In Russian)
- Lookingbill T., Urban D. An empirical approach towards improved spatial estimates of soil moisture for vegetation analysis // Landscape Ecology. 2004. V. 19. № 4. P. 417–433.
- McGarigal K., Cushman S.A. The gradient concept of landscape structure / Eds.: J. Wiens, M. Moss. Issues and perspectives in landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 2005. P. 112–119.

Received 22.02.2018

Accepted 06.12.2018

Revised 16.01.2019

## ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.44.06; 504.06

Н.Е. Кошелева<sup>1</sup>, И.В. Тимофеев<sup>2</sup>, Н.С. Касимов<sup>3</sup>**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ПОЧВЕННЫХ КАТЕНАХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ ЗАКАМЕНСКА (РОССИЯ) И ЭРДЭНЭТА (МОНГОЛИЯ)**

По результатам почвенно-геохимических исследований 2011–2013 гг. установлены уровни содержания 16 тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) I–III классов опасности в городских и фоновых катенах гг. Закаменск (Россия) и Эрдэнэт (Монголия). Геохимическая структура фоновых катен в горнопромышленных центрах определяется высокой литогеохимической неоднородностью почвообразующих пород, наибольшие концентрации Ba, Sb, Cd, Mo, Zn, Cu, Ni, Co в районе развития Джидинского и Эрдэнэтского рудных узлов приурочены к слабо развитым горным почвам автономных ландшафтов. Разработка месторождений обусловила резкий рост контрастности латерального распределения ТММ с накоплением халькофильных элементов Mo, Bi, W, Sb, Cu, As, Cd, Pb, Sn в супераквальных позициях Закаменска и Cu, Mo, Sb, As в трансаккумулятивных позициях Эрдэнэта. Разрушение хвостохранилищ современными эрозионными процессами стало причиной формирования природно-техногенного сорбционно-седиментационного латерального геохимического барьера, на котором при увеличении содержания физического песка в Закаменске и ила в Эрдэнэте концентрируются рудные элементы Mo, W, Cu в подчиненных ландшафтах.

*Ключевые слова:* приоритетные поллютанты, хвостохранилище, физико-химические свойства, геохимические барьеры, горнопромышленные центры

**Введение.** Промышленная разработка полезных ископаемых относится к самым значительным глобальным экологическим проблемам [Ericson, Hanrahan, Kong, 2014], так как она сопровождается вовлечением в миграционные потоки больших количеств тяжелых металлов и металлоидов (ТММ), оказывающих токсичное влияние на живые организмы. Негативные последствия добычи цветных металлов изучаются во многих регионах мира [Авдонин, 1984; Авессаломова, 2004; Елпатьевский, 1993; Крупская с соавт., 2017; Опекунов, Опекунова, 2013; Саэт с соавт., 1990; Anawar et al., 2011; Gomez-Alvarez et al., 2007; Li et al., 2014; Mileusnic et al., 2014; Moncur et al., 2005]. Особое внимание уделяется пространственному и профильному распределению различных форм ТММ в почвах, как основной деполирующей среде [Семячков, Почечун, 2016; Тимофеев, Касимов, Кошелева, 2016; Gomez-Alvarez et al., 2007], выделению ассоциаций химических элементов с различным поведением в почвах, отвалах и хвостохранилищах [Елпатьевский, 2003; Удачин, Ершов, 1995; Anawar et al., 2011]; геохимической характеристике хвостохранилищ, в том числе процессов современного минералообразования и воздействия на прилегающие почвы [Бортников с соавт., 2015; Смирнова, Сарапулова, Цыренова, 2010;

Ханчук, Крупская, Зверева, 2012; Юргенсон, Смирнова, Меркулов, 2008; Mileusnic et al., 2014; Moncur et al., 2005], оценке здоровья населения в горнопромышленных центрах [Li et al., 2014]. Активно изучается пространственное распределение поллютантов. Однако значительная часть ТММ мигрирует по почвенному профилю и перераспределяется в зависимости от рельефа и ландшафтно-геохимических условий, что может расширить зону загрязнения от горнообогатительных комбинатов.

Для изучения миграции и аккумуляции ТММ целесообразно использовать катенарный подход. Условия и механизмы образования зон аккумуляции в катенах могут быть установлены на основе теории геохимических барьеров (ГХБ), понятие о которых сформировалось в гипергенной геохимии и геохимии ландшафтов [Перельман, Касимов, 1999; Саэт с соавт., 1990; Fortescue, 1980]. Под барьерами понимают участки земной коры, где на коротком расстоянии резко уменьшается интенсивность миграции химических элементов, что приводит к их концентрации [Глазовская, 2012; Перельман, Касимов, 1999]. Свойства этих барьеров в значительной степени определяют дальнейшую судьбу ТММ. Анализ содержания ТММ в почвенных катенах совместно с природными и антропогенными факторами

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: natalk@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: vano-timofeev@yandex.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геохимии ландшафтов и географии почв, президент факультета, академик РАН, докт. геогр. н.; e-mail: info@geogr.msu.ru

их накопления дает возможность определить условия и механизмы формирования ГХБ по комбинации факторов, при которых наблюдается максимальная аккумуляция ТММ в почвах [Кошелева, Касимов, Власов, 2015]. Приуроченность ГХБ к тому или иному элементарному ландшафту зависит от геохимической обстановки и физико-химических свойств почв: кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, содержания органического вещества и легкорастворимых солей, доли ила и емкости поглощения.

Цель данной работы – оценить условия латеральной миграции ТММ и выявить участки их аккумуляции в почвенных катенах горнопромышленных центров Закаменск (Республика Бурятия) с градообразующим предприятием Джидинский вольфрам-молибденовый комбинат (ДВМК), и Эрдэнэт (Монголия) с Эрдэнэтским медно-молибденовым комбинатом (ЭММК). Решались следующие задачи:

- установить уровни содержания ТММ в поверхностных горизонтах фоновых почв и приоритетные элементы-загрязнители городских почв в различных родах элементарных геохимических ландшафтов;
- охарактеризовать латеральную дифференциацию и контрастность геохимических аномалий ТММ в фоновых и городских катенах;
- выявить ведущие почвенно- и ландшафтно-геохимические факторы накопления ТММ в гумусовых горизонтах катен и по их сочетанию диагностировать латеральные ГХБ.

#### **Объекты исследования. Природные условия.**

Горнопромышленные центры расположены в бассейне крупнейшей впадающей в оз. Байкал р. Селенги (рис. 1), в условиях резко континентального климата с холодной зимой и теплым, влажным летом, когда выпадает 60–70% годовой суммы осадков. В Закаменске преобладают ветры западного и северо-западного направлений, нередко инверсии и застои воздуха, что способствует его загрязнению и низкому уровню самоочищения. В Эрдэнэте наиболее часты северо-западные и северные ветры.

Закаменск с площадью 45 км<sup>2</sup> находится в 460 км к юго-западу от г. Улан-Удэ в южной части Монголо-Сибирского горного пояса, в сильнорасчлененной долине р. Модонкуль с относительными высотами водораздельных гребней над тальвегами до 300–400 м [Зиновьева с соавт., 2011]. В автономных позициях и на крутых склонах развиты горные дерново-таежные и серые лесные почвы под березой плосколистной (*Bétula platyphýlla Sukacs*<sup>4</sup>) и лиственницей сибирской (*Lárix sibirica Ledeb.*) с подлеском из рододендрона даурского (*Rhododendron dauricum L.*) и шиповника иглистого (*Rosa acicularis Lindl.*). На нижних частях склонов под луговой и лугово-болотной растительностью распространены дерновые лесные почвы [Ногина, 1964], а вдоль русла р. Модонкуль – аллювиально-гумусовые [Убугунов с соавт., 2012].

Эрдэнэт с площадью 180 км<sup>2</sup> располагается на междуречье рр. Селенги и Орхона в 340 км к северо-западу от г. Улан-Батор в Орхон-Селенгинском прогибе Селенгино-Витимского вулканического пояса [Гаврилова, Максимюк, Оролмаа, 2010]. Территория представляет собой полого-холмистую долину р. Эрдэнэтий-Гол в зоне горных степей и лесов, где чередование леса и степи определяется горным рельефом местности и экспозицией склонов [Востокова, Гунин, 2005; Юнатов, 1950].

На вершинах склонов под лиственничными природными лесами развиты почвы темно-каштанового типа. На темно-каштановых слабозасоленных, солонцеватых, глубокосолонцеватых и несолонцеватых почвах склонов произрастает полынно-разнотравно-злаковая растительность, представленная тонконогом гребенчатым (*Koeleria pyramidata Lam.*), мятликом кистевидным (*Poa botryoides Trin. ex Griseb.*), тырсой (*Stipa capilláta L.*), полынью холодной (*Artemisia frigida Willd.*) и др. [Востокова, Гунин, 2005]. В поймах рек в виде узкой полосы распространены лугово-каштановые и луговые слабозасоленные суглинистые почвы [Карпель с соавт., 1975]. В городе растительность состоит из посадок лиственниц и тополей (род *Populus*), а травянистый покров практически отсутствует вследствие интенсивного выпаса скота.

**Техногенное воздействие.** В Закаменске с 1934 по 2001 гг. открытым карьерным и шахтным способами разрабатывалось штокверковое молибденовое (Первомайское), сульфидно-вольфрамовые (Инкурское и Холтосонское рудные и россыпные) и золотоносные (Мыргэншено, Ивановка) месторождения. Помимо W, Mo и Au руды содержали токсичные элементы-примеси – Pb, Zn, F, Mo, W, Be, Bi, As, Cu, Cd, V [Зиновьева с соавт., 2011; Смирнова, Плюснин, 2013]. Отходы добычи и производства складировались в хвостохранилищах: 44,5 млн тонн отходов размещены в Джидинском насыпном, Барун-Нарынском гидроотвале путем перегораживания плотинной р. Барун-Нарын и аварийном, при рекультивации которого в 2011 г. было перемещено 3,5 млн тонн отходов в верхнюю часть Барун-Нарынского хвостохранилища. Из-за высокого содержания Mo и W в отходах ДВМК ЗАО «Закаменск» с 2010 г. ведет их доизвлечение с формированием нового места складирования отходов в долине р. Зун-Нарын. Помимо градообразующего предприятия здесь функционирует городская ТЭЦ, использующая мазут, ведется заготовка и переработка древесины, литье чугуна, стали, бронзы, обработка камней, производятся строительные материалы и продовольственные товары.

В Эрдэнэте с 1976 г. по настоящее время ЭММК ведет добычу открытым карьерным способом из Mo-Cu порфирированного месторождения, руды которого содержат промышленные концентрации Re, Ag, Se и повышенные концентрации Pb, Zn, As, Sr, Bi, Co,

<sup>4</sup> Здесь и далее латинские названия даны по С.К. Черепанову [1995].

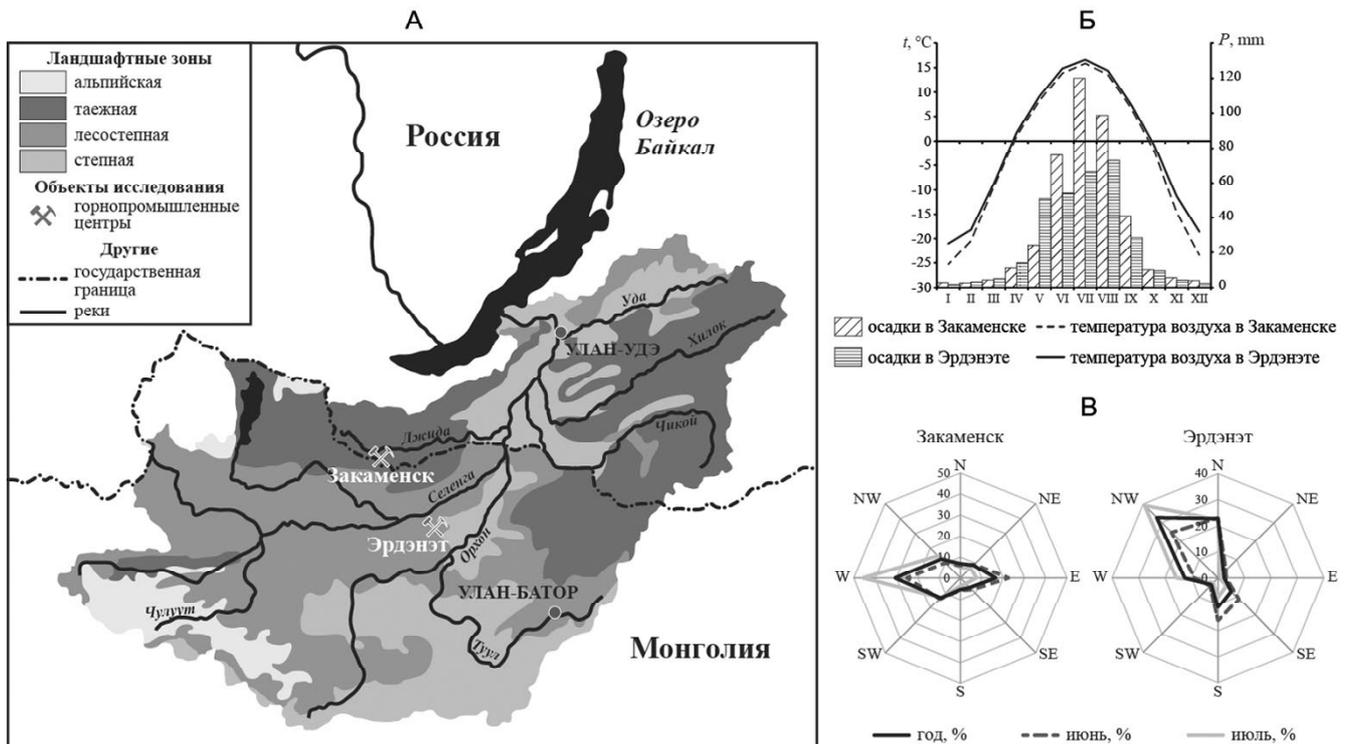


Рис. 1. Объекты исследования (А); осредненные за 1940–2015 гг. метеорологические показатели по метеостанциям Цакир (Россия) и Булган (Монголия): годовые колебания среднемесячной температуры воздуха ( $t$ ) и слоя осадков ( $P$ ) (Б); розы ветров (В) (по данным [Булыгина, Разуваев, Александрова, 2014; KNMI, 2016])

Fig. 1. Study objects (A); mean meteorological parameters (averaged for the period from 1940 to 2015 for meteorological stations Tsakir in Russia, and Bulgan in Mongolia:  $t$  – mean monthly air temperature and  $P$  – precipitation (B); wind roses (B) (data from [Bulygina, Razuvaev, Aleksandrova, 2014; KNMI, 2016])

Ni, Ge, Ta, Ga, In, Cd [Гаврилова, Максимюк, Орлова, 2010]. Ежегодно производится около 530 тыс. т Cu и 4,5 тыс. т Mo концентрата, всего изъято более 440 млн м<sup>3</sup> горной массы [Erdenet Carpet, 2015]. Эрдэнэтское хвостохранилище занимает более 1500 га в долине р. Зуна-Гол, где создана плотина высотой более 85 м. К источникам загрязнения городских ландшафтов относится Эрдэнэтская ТЭЦ, использующая бурый уголь из разрезов Шарынгол и Баганур. Как и большинство сернистых углей, он обогащен халькофильными элементами As, Bi, Mo, Sb, W и др. Рядом размещено «Эрдэнэт Хивс» – предприятие по производству шерстяных ковров, одежды из овечьей и верблюжьей шерсти, кашемира и войлока.

В жилебной и промышленных зонах горнопромышленных центров произошли значительные изменения природных почв: верхний горизонт представляет собой насыпной перемешанный и прогумусированный слой с примесью строительного-бытового мусора, промышленных отходов и диагностируется как «урбик» [МРФ, 2017; Почва ..., 1997; Классификация ..., 2004]. Обширные площади занимают техногенные поверхностные образования (ТПО): токсифабрикат, которые состоят из насыпного токсичного материала мощностью от 0,2 до 3 м; экраноземы – запечатанные почвы, залегающие под асфальтобетонным покрытием; реплантоземы и

урбикквиземы – вновь созданные на газонах вдоль дорог. Вокруг хвостохранилищ формируются арти- и токсиндустраты, в профиле которых присутствуют искусственные насыпные горизонты из нетоксичного и токсичного материалов, соответственно.

**Материалы и методы.** Почвенно-геохимическая съемка г. Закаменск проводилась летом 2013 г. Заложено 8 катен через долину р. Модонкуль на расстоянии 0,5–1,5 км друг от друга (рис. 2,А): I – через завод «Литейщик» и ТЭЦ, II и III – через Джидинское и Барун-Нарынское хвостохранилища соответственно; IV – в среднем течении р. Модонкуль ниже Барун-Нарынского и аварийного хвостохранилища; V–VII – через природно-рекреационную и жилебную зоны на левом берегу р. Модонкуль и техногенное Модонкульское месторождение; VIII – фоновая, в долине пересыхающей в летний период р. Зимки, расположенной в тех же геологических условиях, что и территория города. В г. Эрдэнэте летом 2012 г. было опробовано 6 катен (рис. 2,Б): I – на правом берегу р. Эрдэнэтский-Гол от ЭММК; II – на левом берегу р. Эрдэнэтский-Гол; III и IV – на левом и правом бортах хвостохранилища; V – на левом берегу р. Гавелын-Гол; VI – фоновая, в 10 км юго-западнее города. Всего в г. Закаменске отобрана 31 проба, в Эрдэнэте – 15 проб из верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта А1. Образцы отбирались в четырех основных родах элементарных

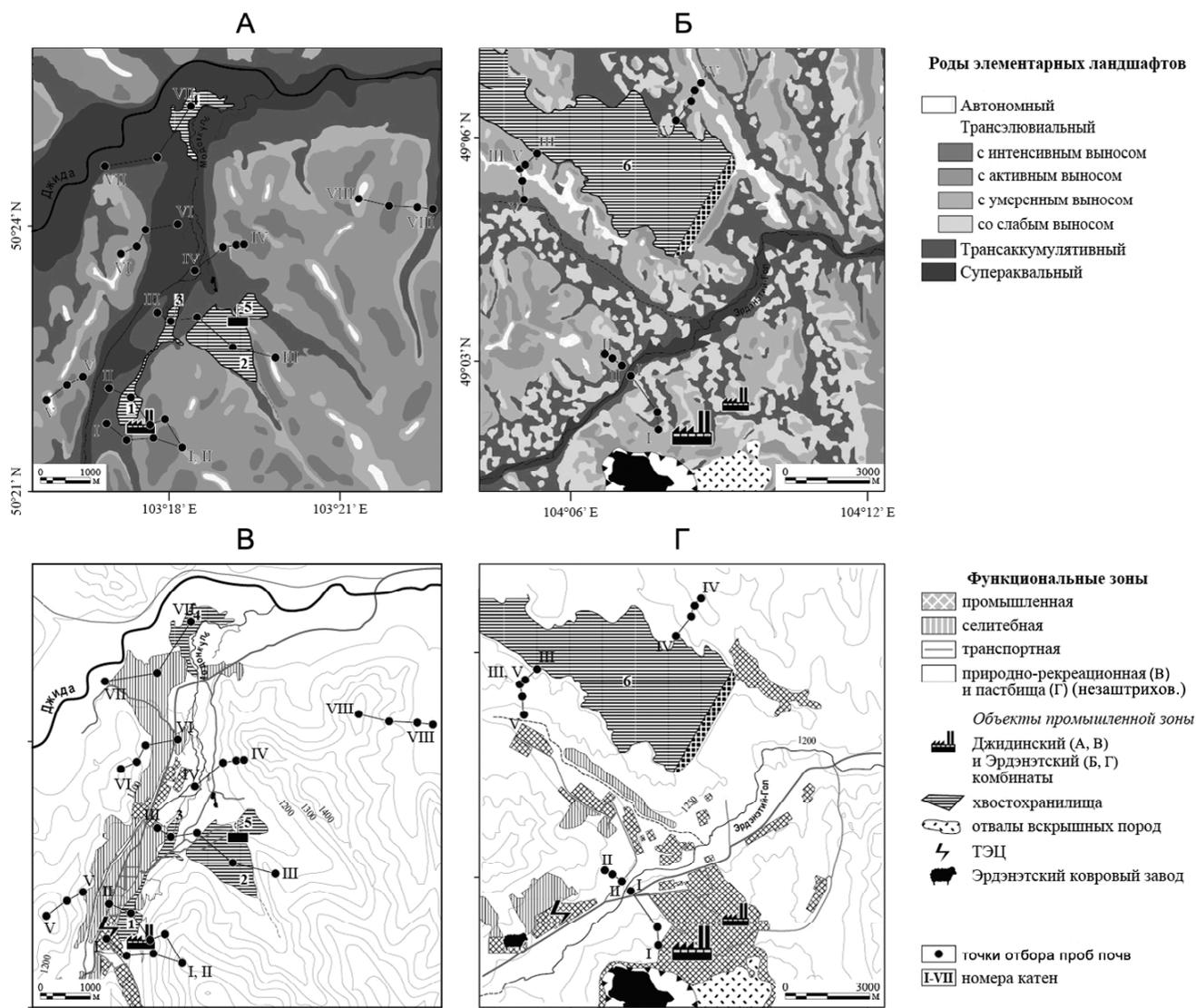


Рис. 2. Карта родов элементарных ландшафтов (А, Б) и функционального зонирования (В, Г) scheme: А, В – г. Закаменск, Б, Г – г. Эрдэнэт. Хвостохранилища: 1 – Джидинское, 2 – Барун-Нарынское, 3 – аварийное, 4 – Модонкульское, 5 – Зун-Нарынское, 6 – Эрдэнэтийское  
 Fig. 2. Genera of elementary landscapes (А, Б) and land-use zoning (В, Г) scheme: А, В – for the town of Zakamensk, Б, Г – for the town of Erdenet. Tailing dumps: 1 – Dzidinskoe, 2 – Barun-Naryn, 3 – emergency, 4 – Modonkul, 5 – Zun-Naryn, 6 – Erdenet

ландшафтов [Перельман, Касимов, 1999]: автономном (А), транэлювиальном (ТЭ), трансаккумулятивном (ТА) и супераквальном (СА), которые выделены путем анализа цифровой модели рельефа территорий [Хайбрахманов, Тимофеев, Кошелева, 2015]. В соответствии с [Богданова, Гаврилова, Герасимова, 2012] транэлювиальные ландшафты склонов подразделены на четыре градации в зависимости от крутизны склонов: со слабым (пологие 2–5°), умеренным (средней крутизны 5–10°), активным (крутые 10–20°), интенсивным (очень крутые >20°) выносом.

При функциональном зонировании территорий изучаемых горнопромышленных центров выделены пять зон (рис. 2 В, Г): две селитебных – с многоэтажной и одноэтажной (дачной в Закаменске и юрточной в Эрдэнэте) застройкой; промышленная (ГОКи, отвалы вскрышных пород, хвостохранили-

ща, иные предприятия); транспортная (автомобильные дороги с асфальтовым и грунтовым покрытием); природно-рекреационная (Закаменск) и пастбищ (Эрдэнэт). Наибольшую площадь занимают пастбища и рекреации, окружающие городские постройки по периметру, а также являющиеся буферными участками между другими функциональными зонами. Основные источники загрязнения размещаются в промышленной зоне, они приурочены преимущественно к подчиненным ландшафтам: ДВМК и ЭММК – к транэлювиальным со слабым выносом, хвостохранилища и ТЭЦ в обоих горнопромышленных центрах – к трансаккумулятивным.

В почвенных образцах определены основные физико-химические свойства: актуальная кислотность (рН) потенциометрическим методом в водной суспензии (рН-метр рН340i/set); содержание органического углерода методом И.В. Тюрина с

титриметрическим окончанием; гранулометрический состав – методом лазерной дифракции (гранулометр «Analysette 22. Laser klasse 1» фирмы Fritsch). Гранулометрические фракции частиц выделены согласно классификации Н.А. Качинского [1958]. Содержание органического углерода пересчитывалось в почвенное органическое вещество (ПОВ) с помощью коэффициента 1,724.

Валовое содержание 53 ТММ в пробах почв анализировалось масс-спектральным и атомно-эмиссионными методами с индуктивно-связанной плазмой во ВНИИ минерального сырья имени Н.М. Федоровского. Для анализа использовались квадрупольные масс-спектрометры Elan-6100 и Optima-4300 (Perkin Elmer, USA). Содержание Mn и Fe определено атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой. Для подробного анализа выбраны 16 химических элементов, типичных для Mo-W и Cu-Mo месторождений [Сагт с соавт., 1990; Тимофеев с соавт., 2014; Тимофеев, Касимов, Кошелева, 2016; Kosheleva, Kasimov, Timofeev, 2017; Timofeev, Kosheleva, 2017], обладающих высокой токсичностью для живых организмов и способных к биоаккумуляции. За исключением Sn и Bi, они относятся к I (Zn, As, Pb, Cd), II (Cr, Co, Ni, Cu, Mo, Sb), III (V, Sr, Ba, W) классам опасности [ГОСТ 17.4.1.02-83, 2008].

ТММ в фоновых пробах  $C_{\phi}$  группировались в зависимости от положения в катене и сравнивались с кларками литосферы  $C$  путем расчета кларков концентрации  $KK=C_{\phi}/C$  и рассеяния  $KP=C/C_{\phi}$ . В качестве эталонов сравнения использовались оценки различных авторов: для Sb, Ni, Cr, As, Zn, Pb, Sr, W – Н.А. Григорьева [2009], для Bi, V, Co, Cu–Zn, Hg, S, Gao [2008], для Mo, Cd, Ba – R.L. Rudnick, S. Gao [2003], для Sn – Wedepohl [1995].

Геохимическая трансформация городских почв оценивалась в зависимости от их положения в катенах: локальные коэффициенты концентрации  $K_c=C_a/C_{\phi}$  и рассеяния  $K_p=C_{\phi}/C_a$  элементов, где  $C_a$  – концентрация элемента в городских образцах, рассчитывались относительно фоновых, расположенных в аналогичном элементарном геохимическом ландшафте.

Контрастность распределения ТММ в катене характеризовалась коэффициентом латеральной дифференциации  $L$ , равным отношению содержания элемента в рассматриваемом ландшафте к его концентрации в автономном. Коэффициент  $L$  рассчитывался для поверхностного гумусово-аккумулятивного горизонта ненарушенных и городских почв. Этот слой представляет собой самую уязвимую часть профиля почвы и наиболее важную при оценке ее экологических функций [Терехина, 2010]. На основе анализа различных классификаций распределения вещества и ТММ в почвенных катенах [Гаврилова, Касимов, 1989; Геннадиев, Жидкин, 2012; Касимов, Самонова, 2004; Sommer, Schlichting, 1997] выделены следующие типы латерально-миграционной дифференциации ТММ: 1) вне-аккумулятивный – при отсутствии выраженных зон аккумуляции в пределах катены; 2) верхне-, 3) срединно- и 4) нижне-аккумулятивные типы –

при локализации зон аккумуляции в автономных, трансэлювиальных или трансаккумулятивных и супераккумулятивных ландшафтах соответственно.

Природные и антропогенные факторы накопления ТММ в поверхностном горизонте городских почв, представленные количественными и качественными переменными, определены путем построения в пакете SPLUS (MathSoft®, 1999) регрессионных деревьев. Этот метод заключается в последовательном делении таблицы с ландшафтно-геохимическими данными по одному из факторов на две части таким образом, чтобы каждая из них была максимально однородной по содержанию ТММ [Кошелева, Касимов, Власов, 2015; Rawls, Pachepsky, 2002]. Диагностика латеральных геохимических барьеров (ЛГХБ) выполнена на основе классификации [Перельман, Касимов, 1999] с дополнениями [Глазовская, 2012].

**Результаты и их обсуждение. Геохимическая структура фоновых катен.** Гранулометрический состав всех фоновых почв вблизи г. Закаменска характеризуется содержанием физического песка (частицы размером 0,01–1 мм, согласно [Качинский, 1958]) 70–77%, физической глины (менее 0,01 мм) 20–28%, ила (менее 0,001 мм) 2–2,8%. В автономных ландшафтах горные дерново-таежные почвы на плагиогранитах, гранодиоритах и диоритах Джидинского палеозойского комплекса имеют маломощный профиль 25–35 см, слабокислую-нейтральную реакцию среды (pH 5,4–5,7), среднее содержание ПОВ в гумусово-аккумулятивных горизонтах (5–6%). В профиле присутствует большое количество обломков гранитов, гранодиоритов, граносиенитов, туфов, ортофиоров, кератофиоров, обогащенных рудными и элементами-спутниками [Смирнова, Плюснин, 2013], с накоплением Cd, Pb, Mo, W, Bi, Zn и Ba ( $KK=1,8–9,9$ ) (табл. 1). В трансэлювиальных и трансаккумулятивных ландшафтах серые лесные почвы мощностью 30–100 см имеют слабокислую реакцию среды (pH 5,1–4,9) и содержание ПОВ до 7%. Они характеризуются незначительным накоплением только V ( $KK=1,3$ ).

В подчиненных (ТА, СА) ландшафтах развиты аллювиальные (темно-)гумусовые слоистые почвы мощностью 80–100 см, с нейтральной реакцией (pH 6,6–7,2) среды, повышенным содержанием ПОВ (до 15%) и валового Fe, восстановительными условиями и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Эти условия способствуют выносу Cr, Cu, Sn, Zn, V, Pb, Ni, Ba, Co, Sb ( $KP=1,6–4,8$ ) и сильному снижению подвижности As ( $KK=11,4$ ) путем его фиксации ПОВ и сорбции глинистыми частицами. Подобные особенности поведения As не раз отмечались в других работах [Gough et al., 2006; Kabata-Pendias, 2011; Violante et al., 2008].

Поверхностные горизонты фоновой катены имеют верхне-аккумулятивный тип распределения с наибольшими концентрациями в автономных ландшафтах всех элементов, за исключением V, Cr, As, Sr и Sn (рис. 3). Это обусловлено природными ус-

ловиями: на водоразделах почвы на кристаллических породах имеют малую мощность с большим количеством обломков почвообразующих пород и слабую вариабельность физико-химических свойств ( $C_v=4-20\%$ ), что не способствует перераспределению ТММ в пределах катены. V, Cr и Sn имеет слабовыраженный срединно-аккумулятивный тип дифференциации, а As и Sr – ниже-аккумулятивный, с накоплением в подчиненных ландшафтах.

В автономных ландшафтах вблизи г. Эрдэнэта формируются горные каштановые почвы [Министерство ..., 1977] на породах среднепермского Селенгинского комплекса с нейтральной реакцией среды (pH 7,1–7,2), ПОВ в верхних горизонтах достигает 4,1%. В трансэлювиальных позициях светло-каштановые почвы близки по свойствам к автономным почвам – pH 7,2–7,5, ПОВ до 3,9%. В трансаккумулятивных позициях на четвертичных отложениях развиты темно-каштановые почвы, представляющие собой комплекс чередующихся слоистостей каменных обломков различных размеров (от 1 до 25 см в диаметре) с мелкоземом. Реакция среды – слабощелочная, мощность профиля варьирует от 60 до 100–110 см, ПОВ 2,5–3%. Гранулометрический состав всех фоновых почв характеризуется содержанием физического песка 72–77%, физической глины 19,5–25,2%, ила 2,8–3,5%. Супераквальные позиции заняты аллювиальными луговыми и аллювиальными дерновыми почвами.

В отличие от фоновых почв вблизи г. Закаменска, в районе г. Эрдэнэта содержания практически всех ТММ близки к кларкам, за исключением Sr и Cd с повышенными концентрациями во всех геохимических позициях (рис. 3). Наибольшее содержание Sr, Co, V ( $KK=1,7-3$ ) характерно для фоновых почв автономных ландшафтов (табл. 1), наследующих микроэлементный состав почвообразующих пород [Гаврилова, Максимюк, Оролмаа, 2010]. Так, содержание Sr в гранодиоритах, гранодиорит-порфирах и адамеллит-порфирах в районе Эрдэнэтского месторождения составляет 1150–810 мг/кг, что в 3,7–2,7 раза превышает кларк кислых пород, и соответствует содержанию в районах Mo-Cu месторождений порфирирового типа [Кривцов с соавт., 2001]. Почвы трансэлювиальных и трансаккумулятивных позиций обогащены Cd и As ( $KK=1,9$  и  $2,5$  соответственно).

Латеральная дифференциация Cd в почвах фоновой катены относится к срединно-аккумулятивному типу распределения с накоплением в трансаккумулятивных ландшафтах, Bi, As и W – к ниже-аккумулятивному, Pb, Sn – к вне-аккумулятивному, а всех остальных – к выше-аккумулятивному (рис. 3), что свидетельствует о слабой интенсивности процессов латеральной миграции в семиаридных ландшафтах при отсутствии техногенного воздействия. Различия между элементарными геохимическими ландшафтами невелики, значения  $L$  для всех ТММ находятся в диапазоне 0,5–1,9.

Таким образом, геохимическая структура почв фоновых катен вблизи гг. Закаменска и Эрдэнэта обусловлена влиянием и петрохимическими особен-

ностями вулканических пород – гранодиоритов, гранитов и габбро. В районе развития Джидинского рудного узла в гумусовых горизонтах почв наибольшие концентрации Bi, Pb, W, Ba, Sb, Cd, Mo, Zn, Cu, Ni, Co приурочены к автономным ландшафтам со слабо развитыми каменными почвами. Подобное свойственно Ba, Sb, Mo, Sr, Zn, Cu, Ni, Co, Cr в пределах развития Эрдэнэтского рудного поля. Мышь-як, Sr, Cr, V, Sn вблизи г. Закаменска и As, W, Cd вблизи г. Эрдэнэта накапливаются в средней и нижней частях склонов за счет фиксации глинистым и органическим веществом. Содержание ПОВ увеличивается при смене окислительных условий на восстановительные в супераквальных позициях.

#### **Геохимическая структура городских катен.**

Техногенное воздействие привело к наибольшему изменению физико-химических свойств почв в подчиненных ландшафтах г. Закаменска. Из-за близости хвостохранилищ происходит подкисление поверхностных горизонтов почв в трансаккумулятивных и супераквальных позициях, реакция среды становится сильнокислой (pH=3,4–3,6). Содержание ПОВ уменьшается до 4,5–4,6 и 10,5–11% соответственно. В автономных позициях свойства почв изменяются в наименьшей степени: pH=5,3–5,8, ПОВ – 5,3–7,5%.

В автономных ландшафтах с глубоким залеганием грунтовых вод и поступлением вещества только из атмосферы почвы накапливают Cu, Pb, Zn ( $K_c=5,7-8,8$ ), Bi, W, V, Sb, Cr, Cd, Sn (2,5–4,5). В трансэлювиальных ландшафтах транзит вещества приводит к тому, что локальные коэффициенты концентрации здесь невелики ( $K_c=1,6-4,2$ ). В трансаккумулятивных позициях происходит частичная аккумуляция элементов из автономных и трансэлювиальных ландшафтов, почвы интенсивно накапливают W, Bi, Mo, Sb ( $K_c=25-52$ ) и в меньшей степени As, Cu, Pb, Cd (4,9–5,3). Помимо поступления из выше-расположенных ландшафтов источниками загрязнения здесь являются Джидинское хвостохранилище, ТЭЦ, работающая на мазуте, и завод «Литейщик» по переработке цветных металлов. Выбросы предприятий этого профиля, согласно [Касимов с соавт., 2016; Новоселов, 1983; Сагс с соавт., 1990; Benin et al., 1999; Расуна et al., 2007], содержат W, Sb, Mo, Pb, Cu и др. Источником ТММ может служить также дорожно-транспортная сеть. В выбросах автотранспорта содержится широкий набор загрязнителей: в выхлопных газах – Pb, Cu, Sr; в моторном масле – Zn, Pb, Cu, Sb, Mo; при истирании шин в окружающую среду поступают Cd, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, Cu, Sb; тормозных колодок – Cu, Sb, Zn, Pb и др. [Касимов с соавт., 2016].

В результате техногенного воздействия латеральная структура катен приобрела совершенно иной характер по сравнению с фоновыми условиями (табл. 1). Конечным «депо» на пути миграции ТММ в катенах являются супераквальные ландшафты, где приоритетными загрязнителями являются халькофильные элементы Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sn, Sb, W, Pb, Bi (рис. 3), концентрации которых на некоторых уча-

Содержание ТММ (мг/кг) в гумусовых горизонтах

Род элементарных ландшафтов	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr
Фоновая катена								
A	90	62	17	48	35	200	4,6	320
ТЭ	140	64	15	26	15	88	6,8	460
ТА	110	68	10	28	19	55	3,4	430
СА	39	19	7,9	23	5,9	24	64	650
Катены в пределах г.								
A	<u>146 *</u> 90 – 190	<u>58,1</u> 22 – 89	<u>17,9</u> 15 – 22	<u>29,9</u> 13 – 48	<u>52</u> 35 – 80	<u>137</u> 75 – 270	<u>5,4</u> 2,3 – 9,1	<u>266</u> 120 – 350
ТЭ	<u>145</u> 71 – 190	<u>65,5</u> 36 – 100	<u>16,2</u> 9,1 – 20	<u>29,6</u> 21 – 39	<u>38,5</u> 15 – 61	<u>94,1</u> 61 – 130	<u>6,2</u> 4,2 – 9,9	<u>341</u> 230 – 460
ТА	<u>108</u> 23 – 170	<u>78</u> 8,7 – 130	<u>12,1</u> 0,9 – 17	<u>35,8</u> 3 – 54	<u>42</u> 18 – 95	<u>124</u> 36 – 440	<u>4,2</u> 1,3 – 7,9	<u>291</u> 110 – 430
СА	<u>62,5</u> 37 – 120	<u>27,5</u> 7,1 – 55	<u>8,8</u> 0,7 – 19	<u>17,1</u> 4,4 – 29	<u>179</u> 5,9 – 580	<u>200</u> 24 – 460	<u>24,6</u> 5,4 – 64	<u>299</u> 78 – 650
Фоновая катена								
A	190	84	20	46	41	100	5,8	580
ТЭ	190	55	13	30	29	63	9,5	280
ТА	130	53	16	28	29	77	8,6	350
СА	160	63	17	37	35	88	11	340
Катены в пределах								
A	<u>193</u> 170 – 210	<u>38,3</u> 24 – 53	<u>12,6</u> 4,7 – 17	<u>23,3</u> 17 – 29	<u>66,3</u> 42 – 100	<u>72,3</u> 39 – 99	<u>9,3</u> 6,9 – 11	<u>420</u> 180 – 670
ТЭ	<u>158</u> 140 – 190	<u>58,8</u> 50 – 66	<u>16,5</u> 15 – 20	<u>35,5</u> 31 – 44	<u>150</u> 32 – 640	<u>84,2</u> 73 – 93	<u>13,5</u> 7 – 23	<u>423</u> 290 – 730
ТА	<u>155</u> 120 – 190	<u>48,8</u> 39 – 66	<u>13,5</u> 11 – 16	<u>25,8</u> 19 – 36	<u>153</u> 40 – 480	<u>84,3</u> 83 – 86	<u>15,3</u> 8 – 35	<u>390</u> 320 – 440
СА	<u>143</u> 130 – 150	<u>54,7</u> 45 – 60	<u>16</u> 13 – 18	<u>28</u> 25 – 30	<u>49</u> 35 – 68	<u>82</u> 80 – 85	<u>10,1</u> 8,3 – 11	<u>360</u> 300 – 470
Кларки								
	106	92	15	50	27	75	5,6	270

Примечание. Над чертой указано среднее, под чертой – min-max.

стках превышают фоновые в 70–123 раз. Наибольшие значения коэффициентов латеральной дифференциации  $L$  характерны для рудных элементов Mo ( $L=58,6$ ) и W (22,4) и их спутников Bi (32,2), Sb (16,6), Cd (11).

В трансаккумулятивных ландшафтах расположены вторичные источники загрязнения в виде складированных отходов ДВМК: Барун-Нарынское, Зун-Нарынское и аварийное хвостохранилища, материал которых обогащен рудными элементами W, Mo и их спутниками Bi, Pb, Cu, Zn, As, Cd, Sb и др. [Смирнова, Плюснин, 2013; Ходанович, Смирнова, Яценко, 2002]. Размыв Барун-Нарынского хвостохранилища и последующий русловой транспорт слагающего его материала привели к загрязнению высокой

и средней пойм долины р. Модонкуль в северной части города на протяжении 7,5 км. В излучине реки, где направление течения меняется с меридионального на субширотное, в результате отложения на механическом барьере транспортируемого материала сформировалось Модонкульское месторождение техногенных песков мощностью до 2 м и площадью 2,5 км<sup>2</sup>, вытянутое с юго-запада на северо-восток. В разрезе оно имеет тонкую ритмичную, подобную ленточной, слоистость, отражающую периодические крупные разливы в устье р. Модонкуль [Ходанович, 1999]. Материал месторождения обогащен глиной и илом, насыщен сульфидами, содержит повышенные концентрации гюбнерита и шеелита. Переносу сульфидов, а с ними и халькофильных W, Mo, Bi, Sb, Pb,

Таблица 1

**Фоновых и городских почв гг. Закаменска и Эрдэнэга**

Mo	Cd	Sn	Sb	Ba	W	Pb	Bi
вблизи г. Закаменска							
5,1	0,89	1,9	1,2	1100	7,6	90	0,69
3,1	0,21	2,6	0,91	1100	5,9	34	0,33
0,99	0,19	1,8	0,59	750	2,4	19	0,26
2,2	0,14	0,76	0,52	310	3,4	7,2	0,22
г. Закаменска (n=5)							
4,5	0,4	1,9	1,8	701	13,6	53,7	1
1 – 10	0,1 – 0,9	1,6 – 2,2	0,7 – 3,7	390 – 1100	2,8 – 53	18 – 160	0,3 – 2,9
5,6	0,3	2,4	1,9	744	10,1	31	0,7
1,1 – 22	0,1 – 0,5	1,4 – 3,4	0,7 – 6,7	290 – 1100	2,4 – 26	18 – 72	0,3 – 2,6
36,6	0,9	3,8	2,5	596	137	91,2	6,9
1 – 270	0,1 – 5,2	1,4 – 9,7	0,6 – 5,7	180 – 750	2,4 – 920	18 – 410	0,3 – 36
264	4,4	6,5	29,9	447	305	359	32,2
2,2 – 620	0,1 – 12	0,8 – 13	0,5 – 88	310 – 530	3,4 – 710	7,2 – 920	0,2 – 73
вблизи г. Эрдэнэга							
2,5	0,21	2,8	1,3	710	1,1	17	0,23
1,8	0,19	2,6	0,7	440	1,4	14	0,23
1,6	0,25	2,2	0,7	660	1,5	19	0,24
1,7	0,2	2,9	0,9	590	1,6	21	0,3
г. Эрдэнэт (n=7)							
3,6	0,2	3	0,8	433	1,6	14,3	0,2
1,2 – 7,2	0,18 – 0,2	2,7 – 3,4	0,7 – 0,9	220 – 550	0,8 – 2,8	13 – 16	0,1 – 0,4
6,1	0,2	2,9	1,2	585	1,5	18,2	0,3
0,8 – 20	0,2 – 0,2	2,3 – 3,3	0,6 – 2	560 – 600	0,5 – 2,5	11 – 24	0,1 – 0,5
12,3	0,2	3	1,9	620	1,9	19	0,3
1,4 – 41	0,2 – 0,3	2,7 – 3,4	0,8 – 4	540 – 690	1,1 – 2,9	14 – 29	0,1 – 0,5
4,3	0,3	3,1	1	597	3,1	21,3	0,4
1,7 – 8,5	0,2 – 0,3	2,7 – 3,4	0,9 – 1,2	550 – 630	1,7 – 4,9	20 – 22	0,3 – 0,4
литосферы							
1,1	0,09	2,5	0,81	628	2,03	17	0,23

Cd, Cu, Zn и Sn на значительные расстояния способствует сохранившаяся на поверхности зерен пленка флотореагентов [Ходанович, Смирнова, Яценко, 2002].

Дифференциация остальных элементов, не относящихся к группе рудных и спутников, в городских катенах незначительно отличается от фоновых для V, Co и Ba, а для Ni, Cr и Sr максимум концентраций сместился в среднюю часть – ТЭ и ТА ландшафты.

Антропогенное воздействие на почвы г. Эрдэнэга обусловлено постоянной атмосферной поставкой пыли, образующейся при дроблении добываемой породы и развевании техногенных песков хвостохранилища. В отличие от Закаменска значительного преобразования физико-химических свойств в зоне влияния ЭММК не выявлено: наименьшие значения

pH=6,2–6,5 приурочены к автономным позициям, наибольшие – к супераквальным (7,5–8); минимальное содержание ПОВ от 4 до 4,5% отмечено на склонах, а наибольшее – до 6,5–7% – в супераквальных позициях. Почвы в автономных ландшафтах испытывают слабое воздействие: здесь происходит незначительное накопление только рудного элемента Cu ( $K_c=1,6$ ) и типичного для Селенгинского комплекса As (1,6). По сравнению с фоновыми почвами наибольшее рассеяние характерно для Cr ( $K_p=2,2$ ) и Ni (2). В светло-каштановых почвах склонов и темно-каштановых почвах трансаккумулятивных позиций накапливаются рудные элементы: Mo ( $K_c=3,4$  и 7,7 соответственно), Cu (5,2 и 5,3), Sb (1,7 и 1,7). Поступление этих ТММ обусловлено природными и

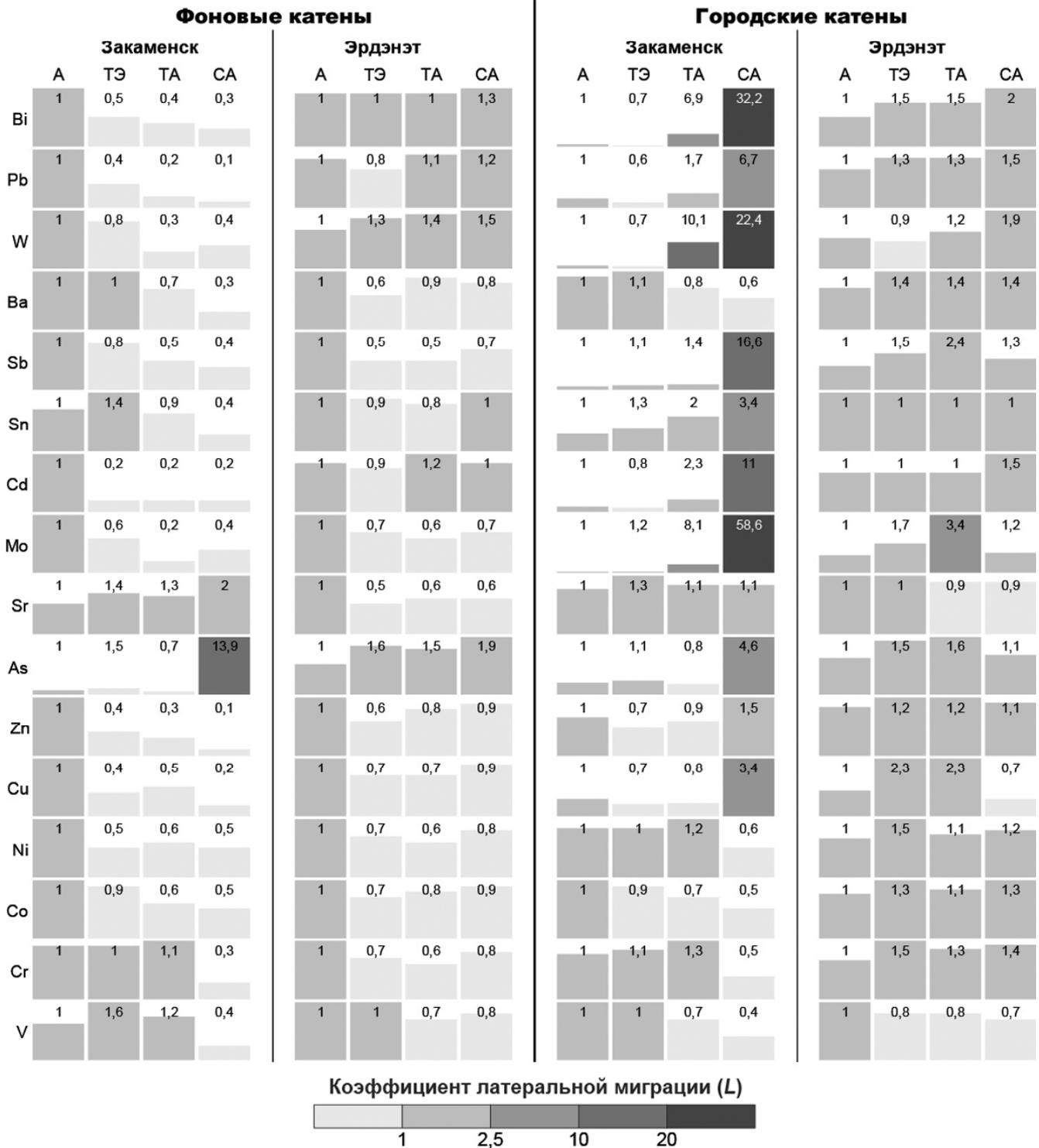


Рис. 3. Распределение ТММ в поверхностных горизонтах фоновых и городских почвенных катен гг. Закаменска и Эрдэнэта  
 Fig. 3. Distribution of HMMs in surface horizons of background and urban soil catenas in the towns of Zakamensk and Erdenet

антропогенными факторами. Первые связаны с литогеохимическими особенностями Эрдэнэтского месторождения: в почвообразующих породах повышены концентрации халькофильных Sb, Pb, As [Гаврилова, Максимюк, Оролмаа, 2010]. Вторые – с поступлением водных растворов, просачивающихся сквозь толщу техногенных песков хвостохранилищ, а также с продуктами эксплуатации автотранспорта.

В г. Эрдэнэте, в отличие от г. Закаменска, где контрастность распределения ТММ по сравнению с фоновой катеной возросла на порядок, латеральная дифференциация ТММ характеризуется очень низкими значениями коэффициентов  $L$  – от 0,8 до 3,4. Халькофильные элементы Cu, Zn, Mo, Sb, свойственные породам Эрдэнэтского комплекса, и Cu-Mo штокверковых месторождений, сменили тип диффе-

ренциации с верхне-аккумулятивного в фоновых условиях на срединно-аккумулятивный в пределах города. Наибольшая контрастность латерального распределения характерна для рудных элементов Mo ( $L=3,4$ ), Cu (2,3) и их спутника Sb (2,4), что, скорее всего, вызвано золотым переносом обогащенных ТММ тонких частиц с поверхности хвостохранилища, промышленной площадки ЭММК, отвалов вскрышных пород и отстойников ТЭЦ. У Cr и Co верхне-аккумулятивный тип распределения сменился на вне-аккумулятивный. Остальные элементы в зоне влияния ЭММК не подверглись значительному перераспределению, что свидетельствует о слабой латеральной миграции ТММ.

Таким образом, в горнопромышленных ландшафтах в результате техногенного воздействия возросла контрастность латерального распределения ТММ с усилением аккумуляции в подчиненных ландшафтах. В Закаменске в условиях гумидного климата осадков на 25–35% больше чем в Эрдэнэте, крутизна склонов значительно больше, все это способствует миграции элементов в катенах и накоплению в супераквальных позициях халькофильных элементов Mo, Bi, W, Sb, Cu, As, Cd, Pb, Sn. Вторичным источником ТММ являются расположенные в трансаккумулятивных ландшафтах хвостохранилища, размыв которых приводит к формированию аномалий в аллювиально-луговых и лугово-болотных почвах пойм. В Эрдэнэте перераспределение ТММ из-за водной эрозии выражено значительно меньше, аномалии формируются в трансаккумулятивных позициях, где накапливаются Cu, Mo, Sb, As, что обусловлено в основном петрохимическими особенностями пород Селенгинского комплекса.

**Диагностика латеральных геохимических барьеров.** Определение ЛГХБ в городских почвенных катенах основывается на результатах многофакторного регрессионного анализа, связывающих дифференциацию ТММ с природными и антропоген-

ными факторами. Рассмотрено влияние следующих факторов: (1) функционального назначения городских территорий, которое отражает антропогенную нагрузку на ландшафты; (2) почвообразующих пород, определяющих природную геохимическую неоднородность почв; (3) геохимической позиции элементарного ландшафта, характеризующей его положение в рельефе; (4–9) физико-химических свойств почв, влияющих на миграционную способность элементов: реакции среды (4), гранулометрического состава – количества физической песка (5) и илистой фракции (6), содержания ПОВ (7), Fe (8) и Mn (9). Различные классы ЛГХБ диагностировались по сочетанию факторов, соответствующих условиям максимального накопления тех или иных ТММ.

В почвах Закаменска концентрации всех элементов контролируются физико-химическими свойствами почв (табл. 2), исключение – Cd и Sb, пространственное распределение которых связано с неоднородностью почвообразующих пород. Наиболее значимым фактором оказалось содержание Mn: при его уменьшении в промышленной зоне повышается содержание Cr, Cu, Zn, As, Bi в подчиненных СА и ТА позициях. Это отмечается в токсифабрикатах Джидинского хвостохранилища и токсиндустратах на рекультивированном участке. Материал отходов, состоящий из переработанных Джидинских руд, содержит 995–1113 мг/кг Mn, что значительно меньше, чем в автономных позициях – 956–8900 мг/кг. ТММ осаждаются на сульфидном барьере в кислых условиях (pH=3,4–3,8).

Характер латерального перераспределения и накопления рудных элементов Mo и W зависит только от одного фактора: содержания физического песка, при увеличении которого до 95% концентрации Mo увеличиваются в 18, а W – в 3 раза. Это объясняется антропогенным происхождением этой фракции: при извлечении полезной компоненты исходная порода, обогащенная Mo и W, дробится на частицы размером менее 0,07 мм, образуя пыль, которая рас-

Таблица 2

**Влияние природных и антропогенных факторов на распределение ТММ в поверхностных горизонтах почв катен в зоне влияния ДВМК**

Фактор	V	Sr	Cr	Cu	Zn	As	Bi	Ba	Mo	W	Co	Pb	Ni	Sn	Cd	Sb
Почвообразующая порода														3	1	1
Функциональная зона																
Геохимическая позиция	3	2	3													
Валовое содержание Mn			1–, 2+	1–	1–	1–	1–	1+, 2+			2+	2–			2–	
Валовое содержание Fe	2+	3–								2+	2+	1+	3+			
Содержание ПОВ												2–	4+	1–		
pH													1+			
Физический песок								3–	1+	1+	1–		2–			
Ил	1+	1–			2–		2–							2+	2–	2–

Примечание. В табл. 2 и 3 ранги от 1 до 4 показывают уменьшение значимости фактора, а знак «+» или «–» – прямую или обратную связь соответственно, для качественных факторов характер связи не определялся.



создана в 1988 г. с использованием старых технологий, поэтому для нее правомерно использовать результаты исследований гранулометрического состава золы 68 ТЭЦ [Пантелеев с соавт., 1985]. Он на 7–21% представлен илистой фракцией, 32–84% – пылевидной и 2–59% – песчаной. Вынос тонких фракций золы ТЭЦ в подчиненные ландшафты обуславливает формирование в катенах I и II (рис. 2) природно-техногенного сорбционно-седиментационного ЛГХБ. Другая группа ТММ – V, Co, Zn, Sn – осаждается на хемосорбционном барьере, а W и Bi – на глеевом.

Таким образом, общей чертой горнопромышленных ландшафтов является формирование природно-техногенного сорбционно-седиментационного ЛГХБ: при увеличении содержания физического песка в Закаменске и ила в Эрдэнэте повышаются концентрации рудных элементов (Mo, W, Cu) в подчиненных ландшафтах. Остальные элементы в зоне влияния ДВМК осаждаются на барьерах, имеющих природное происхождение: на сульфидном – Cr, Cu, Zn, As, Bi; хемосорбционном – Pb, щелочном – Ni. Зона влияния ЭММК отличается накоплением V, Co, Zn, Sn на хемосорбционном барьере. Латерального перераспределения Cd, Sb в Закаменске и As, Sb, Ba, Pb в Эрдэнэте не выявлено, дифференциация этих элементов обусловлена литогеохимической неоднородностью почвообразующих пород.

**Благодарности.** Работы выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-29-05055 офи\_м).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авдонин В.Н.* Техногенное окисление сульфидов Красногвардейского месторождения на Урале // *Маг-лы по минералогии месторождений Урала*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. С. 63–69.
- Авессаломова И.А.* Функционирование и динамика горных ландшафтов // *География, общество, окружающая среда*. Т. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Городец, 2004. С. 154–170.
- Богданова М.Д., Гаврилова И.П., Герасимова М.И.* Элементарные ландшафты как объекты ландшафтно-геохимического картографирования // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2012. Т. 1. С. 23–28.
- Бортников Н.С., Богатилов О.А., Карамурзов Б.С. и др.* Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского комбината на почвенно-растительный слой Приэльбрусья // *Вестн. Владикавказского научного центра*. 2015. Т. 15. № 2. С. 35–45.
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М.* Суточная температура воздуха и количество осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТР) (свидетельство № 2014620942). М.: ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных», 2014.
- Водяницкий Ю.Н.* Изучение тяжелых металлов в почвах. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2005. 111 с.
- Водяницкий Ю.Н.* Железо в гидроморфных почвах. М.: АПР, 2017. 160 с.
- Востокова Е.А., Гунин П.Д.* Экосистемы бассейна Селенги. М.: Наука, 2005. 359 с.
- Гаврилова И.П., Касимов Н.С.* Практикум по геохимии ландшафта: Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 73 с.
- Гаврилова С.П., Максимюк И.Е., Оролмаа Д.* Молибден-медно-порфировое месторождение Эрдэнэт (Монголия). М.: ИМГРЭ, 2010. 270 с.
- Геннадиев А.Н., Жидкин А.П.* Типизация склоновых сопряжений почв по количественным проявлениям смыва-намыва вещества // *Почвоведение*. 2012. № 1. С. 21–31.
- Глазовская М.А.* Геохимические барьеры в почвах: типология, функциональные особенности и экологическое значение // *Геохимия ландшафтов и география почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской* / Под ред. Н.С. Касимова, М.И. Герасимовой. М.: АПР, 2012. С. 26–44.
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2008.
- Григорьев Н.А.* Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
- Елпатьевский П.В.* Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
- Елпатьевский П.В.* Гидрохимические потоки, продуцируемые сульфидизированными техногенными литоаккумуляциями // *География и природные ресурсы*. 2003. № 2. С. 26–33.
- Зиновьева И.Г., Соколов А.В., Федоров И.Б. и др.* Вторая очередь мероприятий по ликвидации экологических последствий деятельности Дзидинского вольфрамо-молибденового комби-

ната в Закаменском районе Республики Бурятия: Предпроектные исследования. Научно-технический отчет. Чита: ООО «Гидроспецстрой», 2011. 213 с.

*Карпель А., Бочков К.П., Дербатов В.И. и др.* Отчет о почвенно-мелиоративных условиях территории II очереди строительства г. Эрдэнэт в Монгольской Народной Республике. Москва: ПНИИИС, Техархив, 1975. Т. I. 20 с.

*Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М.* Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АИП, 2016. 320 с.

*Касимов Н.С., Самонова О.А.* Катенарная ландшафтно-геохимическая дифференциация // География, общество, окружающая среда. Т. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Городец, 2004. С. 479–489.

*Качинский Н.А.* Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 191 с.

Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.

*Кошелева Н.Е., Касимов Н.С., Власов Д.В.* Факторы накопления тяжелых металлов и металлоидов на геохимических барьерах в городских почвах // Почвоведение. 2015. № 5. С. 536–553.

*Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф. и др.* Медно-порфиновые месторождения. М.: ЦИНГРИ, 2001. 232 с.

*Крупская Л.Т., Мелконян Р.Г., Майорова Л.П. и др.* Обновление экологической реабилитации территорий, подвергшихся воздействию объектов накопленного экологического ущерба (хвостохранилищ) в результате прошлой хозяйственной деятельности бывших горных предприятий в Дальневосточном федеральном округе // Горный информационно-аналитический бюл. 2017. № 4. С. 5–15.

Министерство сельского хозяйства СССР. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.

МРФ. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Исправленная и дополненная версия 2015 / Под ред. М.И. Герасимовой, П.В. Красильникова. М.: ФАО и МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. 216 с.

*Новоселов С.С.* Исследование выбросов в атмосферу твердых продуктов сгорания мазута и разработка методов их сокращения. Дис. ... канд. тех. н. М., 1983. 171 с.

*Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 312 с.

*Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г.* Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения // Записки горного института. 2013. Т. 203. С. 196–204.

*Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. и др.* Состав и свойства золы и шлака ТЭС: справочное пособие / Под ред. В.А. Мелентьева. Л.: Энергоиздат, Ленинградское отд., 1985. 288 с.

*Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафтов. М.: Астрель-2000, 1999. 610 с.

Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.

*Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

*Семячков А.И., Почечун В.А.* Системный подход в геоэкологических исследованиях горнопромышленных комплексов. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2016. 292 с.

*Смирнова О.К., Плюснин А.М.* Джидинский рудный район (проблемы состояния окружающей среды). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2013. 181 с.

*Смирнова О.К., Сарапулова А.Е., Цыренова А.А.* Особенности нахождения тяжелых металлов в геотехногенных ландшафтах Джидинского вольфрамо-молибденового комбината // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. Т. 4. С. 319–327.

*Терехина Н.В.* Методические указания к проведению фитогеохимических исследований. СПб: Санкт-Петербургский государственный университет, 2010. 26 с.

*Тимофеев И.В., Кошелева Н.Е., Бажжа С.Н. и др.* Геохимическая трансформация почвенного покрова в районе добычи

медно-молибденовых руд (г. Эрдэнэт, Монголия) // Инженерные изыскания. 2014. Т. 12. С. 26–35.

*Тимофеев И.В., Касимов Н.С., Кошелева Н.Е.* Геохимия почвенного покрова горнопромышленных ландшафтов на юго-западе Забайкалья (город Закаменск) // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 49–61.

*Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б. и др.* Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация // Вестн. Бурятской гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. 2012. Т. 2. С. 45–52.

*Удачин В.Н., Еришов В.В.* Экспериментальное исследование миграции меди, цинка и свинца из промтоходов Карабашской геотехнической системы. Миасс: Наука, 1995. 56 с.

*Хайбрахманов Т.С., Тимофеев И.В., Кошелева Н.Е.* Опыт построения карты родов элементарных ландшафтов на основе ЦМР для территории г. Закаменска (Бурятия) // Геоинформационное картографирование в регионах России. Мат-лы VII Всерос. научно-практ. конф. (Воронеж, 10–12 декабря 2015 г.). 2015. С. 148–152.

*Ханчук А.И., Крупская Л.Т., Зверева В.П.* Экологические проблемы освоения оловорудного сырья в Приморье и Приамурье // География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 62–67.

*Ходанович П.Ю.* Лежалые отходы обогащения Джидинского вольфрамо-молибденового комбината как комплексные техногенные месторождения // Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого и горнодобывающего комплекса Республики Бурятия. 1999. С. 142–151.

*Ходанович П.Ю., Смирнова О.К., Яценко Р.И.* Экологические проблемы освоения сульфидосодержащих вольфрамовых месторождений в условиях таежно-мерзлотных ландшафтов расчлененного среднегорья // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 12. С. 52–59.

*Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб: Мир и семья, 1995. 992 с.

*Юнатов А.А.* Основные черты растительного покрова Монгольской народной республики // Тр. Монгольской комиссии АН СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 223.

*Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Меркулов Е.Б.* Современное минералообразование в природно-техногенной системе Барун-Нарынского хранилища отходов обогащательного производства Джидинского вольфрамо-молибденового комбината // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Тр. 2-го Всерос. симп. и VIII Всерос. чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита: ИПРЭК СО РАН. 2008. С. 138–143.

*Anawar H.M., Freitas M.C., Canha N. et al.* Arsenic, antimony, and other trace element contamination in a mine tailings affected area and uptake by tolerant plant species // Environ. Geochem. Health. 2011. V. 33. № 4. P. 353–362.

*Benin A.L., Sargent J.D., Dalton M. et al.* High Concentrations of Heavy Metals in Neighborhoods near Ore Smelters in Northern Mexico // Environ. Health Perspect. 1999. V. 107. № 4. P. 279–284.

*Cornell R.M., Schwertmann U.* The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses. Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003. 665 p.

EMC. Официальный сайт КОО «Предприятие Эрдэнэт» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.erdenetmc.mn/> (дата обращения: 12.07.2016).

Erdenet Carpet. Официальный сайт Erdenet Carpet LLC [Электронный ресурс]. URL: <http://www.carpet.mn/> (дата обращения: 12.07.2016).

*Ericson B., Hanrahan D., Kong V.* The World's Worst Pollution Problems: The Top Ten of the Toxic Twenty. New York: Blacksmith Institute, 2014. 72 p.

*Fortescue J.A.C.* Environmental Geochemistry // A Holistic Approach. New York, NY: Springer, 1980. 342 p.

*Gomez-Alvarez A., Valenzuela-Garcia J.L., Aguayo-Salinas S. et al.* Chemical partitioning of sediment contamination by heavy metals in the San Pedro River, Sonora, Mexico // Chem. Speciat. Bioavailab. 2007. V. 19. № 1. P. 25–35.

- Gough L.P., Eppinger R.G., Briggs P.H. et al.* Biogeochemical Characterization of an Undisturbed Highly Acidic, Metal-Rich Bryophyte Habitat, East-Central Alaska, U.S.A. // *Arctic, Antarct. Alp. Res.* 2006. V. 38. № 4. P. 522–529.
- Hartley W., Edwards R., Lepp N.W.* Arsenic and heavy metal mobility in iron oxide-amended contaminated soils as evaluated by short- and long-term leaching tests // *Environ. Pollut.* 2004. V. 131. № 3. P. 495–504.
- Heavy Metals in Soils / Ed. B.J. Alloway. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. 614 p.
- Hu Z., Gao S.* Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // *Chem. Geol.* 2008. V. 253. № 3–4. P. 205–221.
- Kabata-Pendias A.* Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press, 2011. 548 p.
- KNMI. The Royal Netherlands Meteorological Institute Climate Explorer [Электронный ресурс]. URL: <https://climexp.knmi.nl> (дата обращения: 01.07.2016).
- Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Timofeev I.V.* Potentially toxic elements in urban soil catenas of W-Mo (Zakamensk, Russia) and Cu-Mo (Erdenet, Mongolia) mining areas // *J. Soils and Sediments.* 2018. V. 18. № 6. P. 2318–2334.
- Li Z., Ma Z., van der Kuijp T.J. et al.* A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment // *Sci. Total Environ.* 2014. V. 468–469. P. 843–853.
- Mileusnić M., Mapani B.S., Kamona A.F. et al.* Assessment of agricultural soil contamination by potentially toxic metals dispersed from improperly disposed tailings, Kombat mine, Namibia // *J. Geochemical Explor.* 2014. V. 144. P. 409–420.
- Moncur M.C., Ptacek C.J., Blowes D.W. et al.* Release, transport and attenuation of metals from an old tailings impoundment // *Appl. Geochemistry.* 2005. V. 20. № 3. P. 639–659.
- Pacyna E.G., Pacyna J.M., Fudala J. et al.* Current and future emissions of selected heavy metals to the atmosphere from anthropogenic sources in Europe // *Atmos. Environ.* 2007. V. 41. № 38. P. 8557–8566.
- Rawls W.J., Pachepsky Y.A.* Using Field Topographic Descriptors To Estimate Soil Water Retention // *Soil Sci.* 2002. V. 167. № 7. P. 423–435.
- Rudnick R.L., Gao S.* Composition of the Continental Crust // *Treatise on Geochemistry.* 2003. V. 3. P. 1–64.
- Sommer M., Schlichting E.* Archetypes of catenas in respect to matter – A concept for structuring and grouping catenas // *Geoderma.* 1997. V. 76. № 1–2. P. 1–33.
- Timofeev I.V., Kosheleva N.E.* Geochemical disturbance of soil cover in the nonferrous mining centers of the Selenga River basin // *Environ. Geochem. Health.* 2017. V. 39. № 4. P. 803–819.
- Violante A., Del Gaudio S., Pigna M. et al.* Sorption and Desorption of Arsenic by Soil Minerals and Soils in the Presence of Nutrients and Organics // *Soil Mineral Microbe-Organic Interactions.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. P. 39–69.
- Wedepohl K.H.* The composition of the continental crust // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1995. V. 59. № 7. P. 1217–1232.

Поступила в редакцию 01.10.2018

После доработки 15.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

N.E. Kosheleva<sup>1</sup>, I.V. Timofeev<sup>2</sup>, N.S. Kasimov<sup>3</sup>

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS AND METALLOIDS  
IN SOIL CATENES OF MINING LANDSCAPES  
(CASE STUDIES OF ZAKAMENSK, RUSSIA, AND ERDENET, MONGOLIA)

Soil-geochemical surveys of 2011–2013 resulted in the determination of bulk contents of 16 heavy metals and metalloids (HMMs) of 1 to 3 hazard categories in urban and background catenas of the towns of Zakamensk and Erdenet. Geochemical structure of mining centers background catenas is governed by the high litho-geochemical heterogeneity of parent rocks. The highest concentrations of Ba, Sb, Cd, Mo, Zn, Cu, Ni, Co within the Dzhida and Erdenet ore clusters correlate with the underdeveloped mountain soils of autonomous landscapes. Ore fields exploitation sharply increases the lateral contrast of HMMs and results in the accumulation of chalcophile elements Mo, Bi, W, Sb, Cu, As, Cd, Pb and Sn in Zakamensk supraequal positions while Cu, Mo, Sb and As accumulate in Erdenet trans-accumulative positions. Recent erosion processes destroy tailing dumps, thus supporting the formation of artificial natural-anthropogenic sorption-sedimentological lateral geochemical barriers. The increased content of sand in Zakamensk and the input of silt in Erdenet result in the accumulation of ore elements (Mo, W and Cu) at the barriers in subordinate landscapes.

*Key words:* priority pollutants, tailing dump, physical-chemical properties, geochemical barriers mining centers

*Acknowledgements.* The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 17-29-05055 офи\_м).

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* natalk@mail.ru

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, Research Scientist, PhD in Geography; *e-mail:* vano-timofeev@yandex.ru

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography, President of the Faculty, Academician of the RAS, D.Sc. in Geography; *e-mail:* info@geogr.msu.ru

## REFERENCES

- Anawar H.M., Freitas M.C., Canha N. et al. Arsenic, antimony, and other trace element contamination in a mine tailings affected area and uptake by tolerant plant species // *Environ. Geochem. Health*. 2011. V. 33. № 4. P. 353–362.
- Avdonin V.N. Tekhnogennoe okislenie sul'fidov Krasnogvardejskogo mestorozhdeniya na Urale [Technogenic oxidation of sulphides of the Krasnogvardeyskoye field in the Urals] // *Materialy po mineralologii mestorozhdenij Urala*. Sverdlovsk: UNTS AN SSSR, 1984. P. 63–69. (In Russian).
- Avessalomova I.A. Funktsionirovanie i dinamika gornyx landshaftov [Functioning and dynamics of mountain landscapes] // *Geografiya, obshchestvo, okruzhayushhaya sreda*. Tom II. Funktsionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov. Moskva: Gorodets, 2004. P. 154–170. (In Russian).
- Benin A.L., Sargent J.D., Dalton M. et al. High Concentrations of Heavy Metals in Neighborhoods near Ore Smelters in Northern Mexico // *Environ. Health Perspect*. 1999. V. 107. № 4. P. 279–284.
- Bogdanova M.D., Gavrilova I.P., Gerasimova M.I. Elementarnye landshafty kak ob'ekty landshaftno-geokhimicheskogo kartografirovaniya [Elementary landscapes as objects of landscape-geochemical mapping] // *Vestnik Mosk. un-ta. Seriya 5. Geografiya*. 2012. T. 1. S. 23–28. (In Russian).
- Bortnikov N.S., Bogatkov O.A., Karamurzov B.S. et al. Otsenka vozdeystviya zakhronennykh promyshlennykh otkhodov Tyrnyauzskogo kombinata na pochvenno-rastitel'nyj sloj Prieh'brus'ya [Assessment of the impact of buried industrial waste of the Tyrnyauz Combine on soil and vegetation layer in the Mt. Elbrus region] // *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra*. 2015. V. 15. № 2. P. 35–45. (In Russian).
- Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Aleksandrova T.M. Sutochnaya temperatura vozdukh i kolichestvo osadkov na meteorologicheskikh stantsiyakh Rossii i byvshego SSSR (TTTR) [Daily air temperature and amount of precipitation at the meteorological stations of Russia and the former USSR (TTTR)] (svidetel'stvo № 2014620942). Moskva: FGBU «Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij inctitut gidrometeorologicheskoy informatsii – Mirovoj tsentra dannykh», 2014. (In Russian).
- Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)]. Russkoe izdanie. SPb: Mir i sem'ya, 1995. 992 p. (In Russian).
- Cornell R.M., Schwertmann U. The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences and Uses. Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003. 665 p.
- Elpat'evskij P.V. Geokhimiya migratsionnykh potokov v prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh geosistemakh [Geochemistry of migration flows in natural and natural-technogenic geosystems]. Moskva: Nauka, 1993. 253 p. (In Russian).
- Elpat'evskij P.V. Hidrokhimicheskie potoki, produksiruemye sul'fidizirovannymi tekhnogennymi litoakkumulyatsiyami [Hydrochemical flows produced by sulphidized technogenic lithoaccumulations] // *Geografiya i prirodnye resursy*. 2003. № 2. P. 26–33. (In Russian).
- EMC. Official site The Erdenet Enterpri Ltd [Electronic source]. URL: <https://www.erdenetmc.mn/> (Accessed: 12.07.2016).
- Erdenet Carpet. Official site Erdenet Carpet LLC [Electronic source]. URL: <http://www.carpet.mn/> (Accessed: 12.07.2016).
- Ericson B., Hanrahan D., Kong V. The World's Worst Pollution Problems: The Top Ten of the Toxic Twenty. New York: Blacksmith Institute, 2014. 72 p.
- Fortescue J.A.C. Environmental Geochemistry / A Holistic Approach. New York, NY: Springer, 1980. 342 p.
- Gavrilova I.P., Kasimov N.S. Praktikum po geokhimii landshafta [Tutorial on landscape geochemistry]: Ucheb.posoboie. Moskva: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1989. 73 p. (In Russian).
- Gavrilova S.P., Maksimiyuk I.E., Orolmaa D. Molibden-medno-porfirovoye mestorozhdenie Ehrdehneht (Mongoliya) [The Erdenet molybdenum-copper-porphry deposit (Mongolia)]. Moskva: IMGREH, 2010. 270 p. (In Russian).
- Gennadiev A.N., Zhidkin A.P. Typification of soil catenas on slopes from the quantitative manifestations of the accumulation and loss of soil material // *Eurasian Soil Science*. 2012. V. 45. № 1. P. 21–31.
- Glazovskaya M.A. Geokhimicheskie bar'ery v pochvakh: tipologiya, funktsional'nye osobennosti i ehkologicheskoe znachenie [Geochemical barriers in soils: typology, functional features and ecological significance] // *Geokhimiya landshaftov i geografiya pochv*. 100 let so dnya rozhdeniya M.A. Glazovskoj / Red. N.S. Kasimov, M.I. Gerasimova. Moskva: APR, 2012. P. 26–44. (In Russian).
- Gomez-Alvarez A., Valenzuela-Garcia J.L., Aguayo-Salinas S. et al. Chemical partitioning of sediment contamination by heavy metals in the San Pedro River, Sonora, Mexico // *Chem. Speciat. Bioavailab*. 2007. V. 19. № 1. P. 25–35.
- GOST 17.4.1.02-83. Okhrana prirody. Pochvy. Klassifikatsiya khimicheskikh veshhestv dlya kontrolya zagryazneniya [Nature Protection. Soil. Classification of chemicals for pollution control]. Moskva: Standartinform, 2008. (In Russian).
- Gough L.P., Eppinger R.G., Briggs P.H. et al. Biogeochemical Characterization of an Undisturbed Highly Acidic, Metal-Rich Bryophyte Habitat, East-Central Alaska, U.S.A. // *Arctic, Antarct. Alp. Res*. 2006. V. 38. № 4. P. 522–529.
- Grigor'ev N.A. Raspredelenie khimicheskikh ehlementov v verkhnej chasti kontinental'noj kory [Distribution of chemical elements in the upper part of the continental crust]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. 382 p. (In Russian).
- Hartley W., Edwards R., Lepp N.W. Arsenic and heavy metal mobility in iron oxide-amended contaminated soils as evaluated by short- and long-term leaching tests // *Environ. Pollut*. 2004. V. 131. № 3. P. 495–504.
- Heavy Metals in Soils / Ed. B.J. Alloway. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. 614 p.
- Hu Z., Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update // *Chem. Geol*. 2008. V. 253. № 3–4. P. 205–221.
- Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press, 2011. 548 p.
- Kachinskij N.A. Mekhanicheskij i mikroagregatnyj sostav pochvy, metody ego izucheniya [Mechanical and micro-aggregate composition of soil, methods of its study]. Moskva: Izd-vo AN SSSR, 1958. 191 p. (In Russian).
- Karpel' A., Bochkov K.P., Derbakov V.I. et al. Otchet o pochvenno-meliorativnykh usloviyakh territorii II ocheredi stroitel'stva g. Ehrdehneht v Mongol'skoj Narodnoj Respublike. Tom I. [Report on the soil-reclamation conditions of the area for the second construction stage in the city of Erdenet, Mongolian People's Republic (V. 1)] Moskva: PNIIS, Tekharkhiv, 1975. 20 p. (In Russian).
- Kasimov N.S., Vlasov D.V., Kosheleva N.E. et al. Geokhimiya landshaftov Vostochnoj Moskvy [Geochemistry of the Eastern Moscow landscapes]. Moskva: APR, 2016. 320 p. (In Russian).
- Kasimov N.S., Samonova O.A. Katenarnaya landshaftno-geokhimicheskaya differentsiatsiya [Catenary landscape-geochemical differentiation] // *Geografiya, obshchestvo, okruzhayushhaya sreda*. Tom II. Funktsionirovanie i sovremennoe sostoyanie landshaftov. Moskva: Gorodets, 2004. P. 479–489. (In Russian).
- Khajbrakhmanov T.S., Timofeev I.V., Kosheleva N.E. Opyt postroeniya karty rodov ehlementarnykh landshaftov na osnove TSMR dlya territorii g. Zakamenska (Buryatiya) [An experience in mapping elementary landscapes of the town of Zakamensk (Buryat Republic) basing of the DEM] // *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye v regionakh Rossii materialy VII Vserossijskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Voronezh, 10–12 dekabrya 2015 g.)*. 2015. P. 148–152. (In Russian).
- Khanchuk A.I., Krupskaya L.T., Zvereva V.P. Ecological problems of development of tin ore resources in Primorie and

Priamurie // *Geography and Natural Resources*. 2012. V. 33. Iss. 1. P. 45–49.

*Khodanovich P.Yu.* Lezhalye otkhody obogashheniya Dzhidinskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata kak kompleksnye tekhnogennye mestorozhdeniya [Mature washery refuses of the Dzida tungsten-molybdenum plant as complex technogenic deposits] // *Sostoyanie i perspektivy razvitiya mineral'no-syr'evogo i gornodobyvayushhego kompleksa Respubliki Buryatii*. 1999. P. 142–151. (In Russian)

*Khodanovich P.Yu., Smirnova O.K., Yatsenko R.I.* Ehkologicheskie problemy osvoeniya sul'fidsoderzhashhikh vol'framovykh mestorozhdenij v usloviyakh taezhno-merzlotnykh landshaftov raschlenennogo srednegor'ya [Environmental problems of the development of tungsten sulfide deposits in the permafrost taiga landscapes of dissected uplands] // *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*. 2002. № 12. P. 52–59. (In Russian)

*Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Ojkumena, 2004. 343 p. (In Russian)

KNMI. The Royal Netherlands Meteorological Institute Climate Explorer [Electronic source]. URL: <https://climexp.knmi.nl> (Accessed: 01.07.2016).

*Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Timofeev I.V.* Potentially toxic elements in urban soil catenas of W-Mo (Zakamensk, Russia) and Cu-Mo (Erdenet, Mongolia) mining areas // *J. Soils and Sediments*. 2018. V. 18. № 6. P. 2318–2334.

*Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Vlasov D.V.* Factors of the accumulation of heavy metals and metalloids at geochemical barriers in urban soils // *Eurasian Soil Science*. 2015. V. 48. № 5. P. 476–492.

*Krivtsov A.I., Zvezdov V.S., Migachev I.F. et al.* Mednoporfirovyje mestorozhdeniya [Copper porphyry deposits]. Moskva: TSINGRI, 2001. 232 p. (In Russian)

*Krupskaya L.T., Melkonyan R.G., Mayorova L.P. et al.* Obosnovaniye ekologicheskoy reabilitatsii territorij, podvergshikhся vozdeystviyu ob'ektov nakoplennoego ehkologicheskogo ushherba (khvostokhranilishh) v rezul'tate proshloj khozyajstvennoj deyatel'nosti byvshikh gornyx predpriyatij v Dal'nevostochnom federal'nom okruge [Justification of the ecological rehabilitation of territories exposed to the objects of accumulated environmental damage (tailing dumps) as a result of past economic activities of former mining enterprises in the Far Eastern Federal District] // *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten*. 2017. № 4. P. 5–15. (In Russian)

*Li Z., Ma Z., van der Kuip T.J. et al.* A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment // *Sci. Total Environ*. 2014. V. 468–469. P. 843–853.

*Mileusniac M., Mapani B.S., Kamona A.F. et al.* Assessment of agricultural soil contamination by potentially toxic metals dispersed from improperly disposed tailings, Kombat mine, Namibia // *J. Geochemical Explor*. 2014. V. 144. P. 409–420.

Ministerstvo sel'skogo khozyajstva SSSR. Klassifikatsiya i diagnostika pochv SSSR [Classification and diagnostics of soils of the USSR]. Moskva: Kolos, 1977. 223 p. (In Russian)

*Moncur M.C., Ptacek C.J., Blowes D.W. et al.* Release, transport and attenuation of metals from an old tailings impoundment // *Appl. Geochemistry*. 2005. V. 20. № 3. P. 639–659.

MRF. Mirovaya referativnaya baza pochvennykh resursov 2014. Mezhdunarodnaya sistema pochvennoj klassifikatsii dlya diagnostiki pochv i sozdaniya legend pochvennykh kart. Ispravlennaya i dopolnennaya versiya 2015 [World reference database of soil resources 2014. International soil classification system for soil diagnostics and creation of soil map legends. Revised and updated version 2015] Red. M.I. Gerasimova, P.V. Krasil'nikov. Moskva: FAO i MGU imeni M.V. Lomonosova, 2017. 216 p. (In Russian)

*Nogina N.A.* Pochvy Zabajkal'ya [Soils of the Transbaikalia]. Moskva: Nauka, 1964. 312 p. (In Russian)

*Novoselov S.S.* Issledovanie vybrosov v atmosferu tverdykh produktov sgoraniya mazuta i razrabotka metodov ikh sokrashheniya [Study of the atmospheric emissions of solid

products of heating oil combustion and the development of methods for their reduction]. Diss. ... kand. tekhn. nauk. Moskva, 1983. 171 p. (In Russian)

*Opekunov A.Yu., Opekunova M.G.* Geokhimiya tekhnogeneza v rajone razrabotki Sibajskogo medno-kolchedannogo mestorozhdeniya [Geochemistry of technogenesis in the area of the Sibay copper-pyrite deposit development] // *Zapiski gornogo instituta*. 2013. V. 203. P. 196–204. (In Russian)

*Pacyna E.G., Pacyna J.M., Fudala J. et al.* Current and future emissions of selected heavy metals to the atmosphere from anthropogenic sources in Europe // *Atmos. Environ*. 2007. V. 41. № 38. P. 8557–8566.

*Panteleev V.G., Larina E.A., Melentyev V.A. et al.* Sostav i svoystva zoly i shlaka TEHS: spravochnoe posobie [Composition and properties of ash and slag of TPP: reference book] / Red. V.A. Melent'ev. Leningrad: Energoizdat, Leningradskoe otделение, 1985. 288 p. (In Russian)

*Perel'man A.I., Kasimov N.S.* Geokhimiya landshaftov [Landscape geochemistry]. Moskva: Astreya-2000, 1999. 610 p. (In Russian)

*Pochva, gorod, ehkologiya* [Soil, city, ecology] / Red. G.V. Dobrovolskij. Moskva: Fond «Za ehkonomicheskuyu gramotnost'», 1997. 320 p. (In Russian)

*Rawls W.J., Pachepsky Y.A.* Using Field Topographic Descriptors To Estimate Soil Water Retention // *Soil Sci*. 2002. V. 167. № 7. P. 423–435.

*Rudnick R.L., Gao S.* Composition of the Continental Crust // *Treatise on Geochemistry*. 2003. V. 3. P. 1–64.

*Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al.* Geokhimiya okruzhayushhej sredy [Geochemistry of the environment]. Moskva: Nedra, 1990. 335 p. (In Russian)

*Semyachkov A.I., Pochechun V.A.* Sistemnyj podkhod v geoekologicheskikh issledovaniya gornopromyshlennykh kompleksov [System approach to geoecological investigation of mining complexes]. Ekaterinburg: Institut ehkonomiki UrO RAN, 2016. 292 p. (In Russian)

*Smirnova O.K., Plyusnin A.M.* Dzhidinskij rudnyj rajon (problemy sostoyaniya okruzhayushhej sredy) [The Dzida mining region (problems of the state of the environment)]. Ulan-Udeh: Izd-vo Buryatskogo nauchnogo tsentra SO RAN, 2013. 181 p. (In Russian)

*Smirnova O.K., Sarapulova A.E., Tsyrenova A.A.* Osobennosti nakhozheniya tyazhelykh metallov v geotekhnogennykh landshaftakh Dzhidinskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata [Specific features of heavy metal occurrence in the geotechnogenic landscapes of Dzida W-Mo plant] // *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Hidrogeologiya. Geokriologiya*. 2010. V. 4. P. 319–327. (In Russian)

*Sommer M., Schlichting E.* Archetypes of catenas in respect to matter – A concept for structuring and grouping catenas // *Geoderma*. 1997. V. 76. № 1–2. P. 1–33.

*Terekhina N.V.* Metodicheskie ukazaniya k provedeniyu fitogeokhimicheskikh issledovanij [Methodical instructions for phytogeochemical research]. SPb: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet, 2010. 26 p. (In Russian)

*Timofeev I.V., Kosheleva N.E., Bazha S.N. et al.* Geokhimicheskaya transformatsiya pochvennogo pokrova v rajone dobychi medno-molibdenovykh rud (g. Ehrdeheht, Mongoliya) [Geochemical transformation of soil cover in the area of copper and molybdenum ores mining (Erdenet, Mongolia)] // *Inzhenernye izyskaniya*. 2014. V. 12. P. 26–35. (In Russian)

*Timofeev I.V., Kasimov N.S., Kosheleva N.E.* Soil cover geochemistry of mining landscapes in the South-East of Transbaikalia (city of Zakamensk) // *Geography and Natural Resources*. 2016. V. 37. № 3. P. 200–211.

*Timofeev I.V., Kosheleva N.E.* Geochemical disturbance of soil cover in the nonferrous mining centers of the Selenga River basin // *Environ. Geochem. Health*. 2017. V. 39. № 4. P. 803–819.

*Ubugunov L.L., Ubugunova V.I., Badmaev N.B. et al.* Pochvy Buryatii: raznoobrazie, sistematika i klassifikatsiya [Soils of Buryatia: diversity, taxonomy and classification] // *Vestnik*

Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2012. V. 2. P. 45–52. (In Russian)

*Udachin V.N., Ershov V.V.* Eksperimental'noe issledovanie migratsii medi, tsinka i svintsa iz promotkhodov Karabashskoj geotekhnicheskoy sistemy [Experimental study of copper, zinc and lead migration from industrial residues of the Karabash Geotechnical System]. Miass: Nauka, 56 p. (In Russian)

*Violante A., Del Gaudio S., Pigna M. et al.* Sorption and Desorption of Arsenic by Soil Minerals and Soils in the Presence of Nutrients and Organics // Soil Mineral Microbe-Organic Interactions. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008. P. 39–69.

*Vodyanitskij Yu.N.* Izuchenie tyazhelykh metallov v pochvakh [Study of heavy metals in soils]. Moskva: Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva, 2005. 111 p. (In Russian)

*Vodyanitskij Yu.N.* Zhelezo v gidromorfnykh pochvakh [Iron in hydromorphic soils]. Moskva: APR, 2017. 160 p. (In Russian).

*Vostokova E.A., Gunin P.D.* Ekhosistemy bassejna Selengi [Ecosystems of the Selenga River basin]. Moskva: Nauka, 2005. 359 p. (In Russian)

*Wedepohl K.H.* The composition of the continental crust // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. № 7. P. 1217–1232.

*Yunatov A.A.* Osnovnye cherty rastitel'nogo pokrova Mongol'skoj narodnoj respubliki [Main features of the vegetative

cover of the Mongolian People's Republic] // Trudy Mongol'skoj komissii AN SSSR. Moskva-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1950. P. 223. (In Russian)

*Yurgenson G.A., Smirnova O.K., Merkulov E.B.* Sovremennoe mineraloobrazovanie v prirodno-tekhnogennoj sisteme Barun-Narynskogo khranilishha otkhodov obogatitel'nogo proizvodstva Dzhidinskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata [Modern mineral formation in the natural-technogenic system of the Barun-Naryn tailing dump of the Dzhida tungsten-molybdenum plant] // Mineralogiya i geokhimiya landshafta gornorudnykh territorij. Sovremennoe mineraloobrazovanie Tr. 2 Vseros. simp. i VIII Vseros. chtenij pamyati akad. A.E. Fersmana. Chita: IPREK SO RAN. 2008. P. 138-143. (In Russian)

*Zinov'eva I.G., Sokolov A.V., Fedorov I.B. et al.* Vtoraya ochered' meropriyatij po likvidatsii ehkologicheskikh posledstvij deyatel'nosti Dzhidinskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata v Zakamenskom rajone Respubliki Buryatiya: Predproektnye issledovaniya. Nauchno-tekhnicheskij otchet. [Second Stage of Mitigation Measures in the Impact Zone of the Dzhida Tungsten-Molybdenum Plant in the Zakamensk District of the Buryat Republic. Pre-project Research Report] Chita: OOO «Gidrospetsstroj», 2011. 213 p. (In Russian)

Received 01.10.2018

Revised 15.11.2018

Accepted 06.12.2018

УДК 504.3.054:551.521.31(477.75)

В.А. Лапченко<sup>1</sup>, Н.Е. Чубарова<sup>2</sup>, Е.Ю. Жданова<sup>3</sup>, В.А. Розенталь<sup>4</sup>

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА, АЭРОЗОЛЯ И СОЛНЕЧНОЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ РАДИАЦИИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КРЫМУ

Получены оценки пространственных закономерностей распределения концентраций приземного озона и аэрозольной оптической толщины в районе Карадагской станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) ФГБУН «ЖНЦ-ПЗ РАН», в рекреационных и подверженных антропогенному загрязнению зонах юго-восточного Крыма. Выявлены существенные флуктуации концентраций приземного озона (от +15 до -22 мкг/м<sup>3</sup>) относительно фоновых значений с характерным уменьшением его концентраций на Симферопольском шоссе при активном автомобильном движении и повышением концентраций у берега моря. Аэрозольная оптическая толщина в городской среде (непосредственно в Коктебеле) была больше на 0,02–0,04, чем фоновые значения. При росте антропогенного загрязнения наблюдалось увеличение волнового экспонента Ангстрема (до 0,5 в Коктебеле по сравнению с фоновыми условиями) за счет увеличения мелкодисперсного аэрозоля. Уменьшение волнового экспонента Ангстрема наблюдалось при измерениях у береговой линии за счет увеличения доли грубодисперсной фракции аэрозоля. Модельные радиационные расчеты эритемной УФ радиации с учетом пространственной изменчивости концентраций приземного озона и аэрозольной оптической толщины для различных пунктов, в которых проводились измерения, выявили более важную роль флуктуаций аэрозольной оптической толщины (до 5%) по сравнению с концентрациями приземного озона (до 1%) в вариациях эритемной УФ радиации.

*Ключевые слова:* аэрозольные свойства, антропогенное загрязнение, эритемная УФ радиация, УФ индекс, станция фонового экологического мониторинга

**Введение.** Исследование пространственной изменчивости малых газовых примесей и аэрозоля и оценки ее воздействия на биологически активную УФ радиацию имеет особенно важное значение в южных регионах России, где сосредоточено большое число курортов и санаториев. Юго-восточное побережье Крымского полуострова является именно такой развивающейся рекреационной зоной. Этим обусловлена актуальность проведения специальных экспериментов для выяснения особенностей вариаций газовой-аэрозольного состава и их влияния на поступление УФ радиации к поверхности Земли.

Среди атмосферных малых газовых примесей озон является наиболее вредным для здоровья соединением. По стандартной классификации он относится к веществам первого класса опасности, и его высокие концентрации оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Максимально разовые предельно допустимые концентрации приземного озона, принятые в России, составляют 160 мкг/м<sup>3</sup>, а среднесуточные предельно допустимые концентрации – 30 мкг/м<sup>3</sup>. В дозах, превышающих предельно допустимые концентрации, озон вызывает головную боль, раздражение дыхательных путей, кашель, головокружение, общую усталость. Более серьезные нарушения здо-

ровья, включая резкое ослабление сердечной деятельности, могут наблюдаться при концентрации приземного озона, достигающей 200 мкг/м<sup>3</sup> и более в течение 8 часов. Концентрация озона более 80 мкг/м<sup>3</sup> считается опасной для растений и может привести к понижению продуктивности и необратимым повреждениям листьев при длительном воздействии [Manning et al., 2002; Кунина, 1986]. Озон образуется под действием солнечного излучения в атмосфере, содержащей его предшественники, включающие оксиды азота и летучие органические соединения как естественного, так и антропогенного происхождения [Jacob, 1999; Белан, 2010; Ларин, 2013]. Метеорологические факторы оказывают заметное воздействие на концентрацию приземного озона (КПО), поскольку они определяют интенсивность вертикального перемешивания, распространение эмиссий газов-предшественников озона, скорости химических реакций [Jacob, 1999; Лапченко, Звягинцев, 2014; Звягинцев, Кузнецова, 2002; Tarasova, Karpetchko, 2003; Flaum et al., 1996]. Являясь химически активной примесью, озон во многом определяет химический состав атмосферы, воздействует на различные вещества и материалы. Необходимо отметить и защитную роль стратосферного озона в поглощении жесткого УФ излучения и в значитель-

<sup>1</sup> ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН», науч. с.; e-mail: ozon.karadag@gmail.com

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: natalia.chubarova@gmail.com

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: ekaterinazhdanova214@gmail.com

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, инженер; e-mail: vandtqqq@list.ru

ном ослаблении УФ радиации области В (280–315 нм).

В Европе и США наблюдаются повышенные КПО [Звягинцев, 2004; Климат Москвы, 2017; Crutzen, 1988; Solsberg et al., 2002]. В крупных городах Европы средние КПО составляют порядка 35–45 мкг/м<sup>3</sup>, в Москве КПО колеблются в диапазоне 25–35 мкг/м<sup>3</sup>, в Мехико (Мексика) средние КПО достигают 45 мкг/м<sup>3</sup> [Доклад ..., 2016]. В частности, в Мехико, Сантьяго (Чили) и Лос-Анжелесе (США) могут наблюдаться короткопериодные изменения КПО, превышающие 400 мкг/м<sup>3</sup> [Air quality, 2005].

За счет быстро протекающих фотохимических реакций и метеорологических факторов КПО могут значительно варьировать по территории. Например, в Калифорнии в районе Лос-Анджелеса на площади около 300 км<sup>2</sup> средние различия в пространственном распределении КПО составляли 9 ppb, а 95%-ные квантили пространственных различий достигали 25 ppb [Sadighi et al., 2018]. В Индии средние различия в КПО в области Ранчи составляют порядка 20–30 мкг/м<sup>3</sup>. В восточном густонаселенном районе Китая пространственная изменчивость КПО также велика и обуславливается во многом антропогенным влиянием, дальним переносом и также интенсивностью муссонной активности [Wang et al., 2011].

Исследования пространственных закономерностей в распределении приземного озона проводились по данным экспедиции «Тройка» [Elanski et al., 2009; Elanski, Lavrova, 2014], в ходе которой были определены тенденции уменьшения КПО в областях с высокими эмиссиями окислов азота (в центре городов по сравнению с окраинами). Изменчивость КПО за счет пространственных различий в концентрациях газов-предшественников озона была выявлена и на территории Московского мегаполиса, проявляясь, главным образом, в увеличении КПО в относительно чистых районах по сравнению с автомагистралями [Климат Москвы, 2017].

Наряду с приземным озоном, атмосферный аэрозоль также является существенным фактором загрязнения окружающей среды, и его пространственные особенности также могут быть заметными. Кроме этого, содержание аэрозоля в атмосфере и его микрофизические и оптические параметры оказывают заметное влияние на приход к поверхности Земли солнечной радиации. Приземные концентрации аэрозоля во многом коррелируют с концентрациями в столбе атмосферы, особенно в теплый период года [Губанова с соавт., 2017]. В то же время, сам уровень содержания аэрозолей может свидетельствовать об антропогенном загрязнении, его необходимо учитывать при оценке скоростей возможного формирования озона на частицах аэрозоля.

Отметим, что работ, посвященных оценкам пространственных особенностей распределения приземного озона и аэрозоля на масштабах десятков километров, довольно мало, что связано со сложностью

проведения мобильных экспериментов и дороговизной приборного парка.

На станции фонового экологического мониторинга (СФЭМ) (44°55' с. ш., 35°14' в. д., 180 м над ур. м.), расположенной на территории Карадагского природного заповедника, непосредственно примыкающей к курортным зонам, с 2013 г. ведется мониторинг концентраций основных малых газовых составляющих атмосферы, а непрерывный мониторинг КПО осуществляется с 2006 г. Знания о пространственных вариациях КПО и свойств аэрозоля на рекреационной территории имеют особое значение. Помимо непрерывного мониторинга, необходимо проводить измерения КПО и в разных пунктах. КПО в пунктах зависит от эмиссий естественных и антропогенных веществ, свойств подстилающей поверхности, степени удаленности от интенсивных автотрасс. Вследствие близости моря и интенсивного автомобильного движения, пространственные распределения КПО и параметров аэрозоля могут испытывать существенные вариации и значительно отличаться от наблюдений в одном пункте. Солнечная УФ радиация также может иметь пространственные вариации вследствие изменения этих и других атмосферных факторов.

Задача исследования состояла в оценке пространственной изменчивости КПО, аэрозольных характеристик и в выяснении возможных причин их флуктуаций, а также в определении влияния изменчивости этих факторов на эритемную УФ радиацию, имеющую максимальную чувствительность в УФ-В области спектра. Для этого были проведены специальные натурные эксперименты в районе Карадагского природного заповедника, расположенного на юго-восточном побережье Крымского полуострова. Отметим, что до настоящего времени исследования пространственных закономерностей распределения указанных характеристик на территории Крымского полуострова не проводились.

**Методика.** В 2017 г. были проведены две серии экспериментов в весенний и осенний периоды года (периоды 18–21.05.2017, 26–28.09.2017 соответственно) по оценке пространственных вариаций КПО, аэрозольных характеристик и солнечного УФ излучения. В качестве реперных измерений использовались наблюдения на станции фонового экологического мониторинга, расположенной на территории заповедника. Наблюдения на СФЭМ включают в себя измерения температуры и влажности воздуха, давления, скорости и направления ветра, температуры почвы (метеостанция Тропосфера – Н, метеостанция WS – 600), кислотности жидких осадков, а также измерения газовых составляющих: озона, оксидов азота и оксида углерода (газоанализаторы HORIBA.Ltd, Япония). Измерения КПО на СФЭМ проводятся с помощью автоматического газоанализатора: АРОА 370, в котором реализован оптический метод определения концентрации газовой примеси по поглощению излучения в УФ области спектра. Отбор проб осуществляется с использованием тефлоновых трубок на высоте трех метров от по-

верхности земли. Данные непрерывной регистрации КПО усреднялись за минутный, получасовой и часовой интервал наблюдений с сохранением информации в регистраторе I/O-EXPANDER HORIBA. Предел обнаружения КПО составляет 1 мкг/м<sup>3</sup>.

Параллельно с измерениями на СФЭМ проводились комплексные измерения в районе фоновой станции в области 10×10 км<sup>2</sup> при стабильных метеорологических условиях. Расположение пунктов измерений в период весеннего и осеннего экспериментов приведено на рис. 1. Выбор пунктов характеризовался разной степенью удаленности от мест загрязнения (городского поселения и автомобильного Симферопольского шоссе). Дополнительно измерения были проведены на берегу моря, поскольку, как было получено на основании многолетних измерений на СФЭМ, КПО при адвекции с моря обычно больше фоновых значений.

При проведении мобильных измерений использовался портативный озонометр Model 202 фирмы

2B Technologies, который позволяет проводить измерения КПО с погрешностью ±3 мкг/м<sup>3</sup>. Принцип действия прибора, так же как и у прибора на фоновой станции, основан на оптическом методе поглощения УФ излучения на длине волны 254 нм (<http://www.twobtech.com/model-202-ozone-monitor.html>). Период установления сигнала озонометра составлял примерно 30–40 минут, серия измерений проводилась с минутным разрешением в течение 10–15 мин.

Для измерения аэрозольных характеристик атмосферы использовались портативные солнечные фотометры GLOBE (<https://www.globe.gov/web/europe-aerosols-campaign/overview/instruments>), с помощью которых восстанавливались величины аэрозольной оптической толщины на нескольких длинах волн (АОТ<sub>λ</sub> – нижний индекс лямбда – λ=385, 505, 625 и 870 нм) и определялись значения волнового экспонента Ангстрема (alfa), который рассчитывался методом регрессии для спектрального диапазона 505–870 нм:



Рис. 1. Расположение пунктов мобильных измерений и СФЭМ. 1 см – 1,6 км. Условные обозначения: 1 – СФЭМ, ФГБУН «ЖНС – ПЗ РАН»; 2 – Коктебель; 3 – въезд в Коктебель; 4 – поворот на Наниково; 5 – соленое озеро Бараколь; 6 – шоссе на Симферополь; 7 – дорога на Орджоникидзе; 8 – берег моря, Орджоникидзе; 9 – правый поворот дороги; 10 – левый поворот дороги

Fig. 1. Location of mobile measurement points and the Karadag background environmental monitoring station. 1 cm – 1,6 km. 1 – Karadag background environmental monitoring station; 2 – Koktebel; 3 – Entrance to Koktebel; 4 – Turn on Nanikovo; 5 – the Barakol salt lake; 6 – Highway to Simferopol; 7 – Road to Ordzhonikidze; 8 – Seashore, Ordzhonikidze; 9 – Right turn of the road; 10 – Left turn of the road

$$\alpha = \ln AOT_{\lambda} / \ln \lambda \quad (1)$$

Волновой экспонент Ангстрема позволяет качественно оценивать размер частиц.

Наличие разорванной облачности в дни проведения экспериментов не позволило провести оценки пространственных вариаций солнечной радиации. Вместо этого использовались модельные расчеты ультрафиолетового излучения для условий ясного неба с учетом измеренных вариаций КПО и аэрозольной оптической толщины.

Регистрация данных измерений велась с помощью специально разработанного аппаратно-программного комплекса SUN software [Розенталь с соавт., 1997].

Для выяснения возможных различий в показаниях двух озонметров (станционного и портативного) были проведены параллельные измерения КПО двумя приборами. Результаты сравнений показали хорошее согласие: различия между показаниями озонметров 2В Technologies и APOA 370 Horiba Ltd составили  $6,9 \pm 3,7$  мкг/м<sup>3</sup>, что лежит в пределах погрешности измерений КПО.

Калибровка портативных фотометров была уточнена по данным измерений аэрозольных оптических толщин в Москве в Метеорологической обсерватории МГУ в 2017 г. по солнечному фотометру CIMEL и в горных условиях в Хибинах с использованием долгого метода Бугера при небольшом содержании аэрозоля. Погрешность измерений аэрозольной оптической толщины составляет около 0,02.

**Результаты. Общая характеристика КПО и аэрозольной оптической толщины в юго-восточном Крыму.** По данным Карадагской СФЭМ в сезонном ходе КПО наблюдается классическая картина с максимумами концентрации в апреле и июле-августе (табл. 1). Как и в других районах европейской территории России, КПО характеризуется двумя максимумами в весенние и летние месяцы, однако в южных регионах главный максимум наблюдается в летние месяцы. Рост КПО в теплый пери-

од определяется более высокими уровнями солнечной УФ радиации за счет больших высот Солнца, что приводит к диссоциации молекулы кислорода. Кроме того, летом наблюдается рост концентрации органических соединений в атмосфере, которые являются газами – предшественниками озона. Весной увеличение КПО определяется также переносом озона из верхних слоев тропосферы и стратосферы, где в это время наблюдается сезонный максимум концентрации озона.

Превышение порогов максимально разовых ПДК в этом регионе достигается редко. Максимум КПО летом наблюдался 16 июля 2013 г. (168 мкг/м<sup>3</sup>), а максимум КПО в весенний период года был зарегистрирован 20 мая 2016 г. (181 мкг/м<sup>3</sup>). Величины, близкие к максимально разовому значению ПДК, обычно наблюдаются в период с июля по сентябрь, но очень редко возможны и весной. В то же время, в течение всего года наблюдается превышение среднесуточных значений ПДК, как это и отмечалось в 2017 г.

На КПО оказывает существенное влияние комплекс метеорологических факторов. Так, максимальные значения КПО в теплый период года обычно наблюдаются при восточном, юго-восточном и южном направлениях ветра, что относительно расположения Карадагской СФЭМ, характеризуется адвекцией преимущественно со стороны моря. Возможное объяснение этого факта может быть связано с низкой скоростью осаждения приземного озона над морской поверхностью и, как следствие, его накоплением [Белан, 2010]. В табл. 2 приведены метеорологические характеристики, а также КПО на СФЭМ в периоды проводимых экспериментов. Суточный ход КПО в период эксперимента в мае характеризовался уменьшением концентрации в утренние часы до 8:00 (43 мкг/м<sup>3</sup>), и суточным максимумом в 17:00 часов (66 мкг/м<sup>3</sup>) (рис. 2). Таким образом, проявлялось два максимума КПО: ночной

Таблица 1

Среднемесячные и экстремальные значения концентрации приземного озона, полученные при среднечасовом усреднении в 2017 г. (мкг/м<sup>3</sup>)

Месяц	Максимальные	Средние	Минимальные
Январь	77	52	12
Февраль	98	65	25
Март	107	64	24
Апрель	122	77	26
Май	105	68	24
Июнь	85	58	25
Июль	127	82	37
Август	135	81	26
Сентябрь	128	76	26
Октябрь	106	57	19
Ноябрь	79	43	10
Декабрь	77	51	8

Примечание. Предельно допустимые концентрации максимально разовые – 160 мкг/м<sup>3</sup>, среднесуточная – 30 мкг/м<sup>3</sup>.

Таблица 2

**Основные метеорологические характеристики, КПО и содержание оксидов азота на фоновой станции в период проведения активных мобильных исследований**

Время	Облачность и атмосферные явления	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Направление ветра, градусы	Озон	NO/NO <sub>2</sub>
						мкг/м <sup>3</sup>	
Весенний эксперимент, 19.05.2017							
10:30–11:00	Ясно	14,3	50	3,2	342	57	0,4/0,6
11:00–11:30	Переменная облачность, 1/1 Cu, Cu fractus	14,7	48	2,9	338	59	
11:30–12:00	Переменная облачность, 1/1 Cu, Cu fractus	14,8	48	2,8	332	60	0,5/0,6
12:00–12:30	Переменная облачность, 1/1 Cu, Cu fractus	14,9	47	2,4	340	60	
12:30–13:00	Переменная облачность, 1/1 Cu	15,1	46	2,9	343	61	0,5/0,6
13:00–13:30	Переменная облачность, 1/1 Cu	15,1	46	2,8	342	62	
13:30–14:00	Переменная облачность, 1/1 Cu, Cu fractus	15,2	45	2,7	342	63	0,5/0,6
Весенний эксперимент, 20.05.2017							
10:30–11:00	Переменная облачность, 9/8, Ci, Ac, Cu, Cu fractus	14,6	65	1,0	223	62	0,3/0,0
11:00–11:30	Переменная облачность, 9/8, Ci, Ac, Cu, Cu cong, Cb	16,1	58	0,9	304	63	
11:30–12:00	Пасмурно, 9/8, Ci, Ac, Cu, Cu cong, Cb	16,1	57	1,1	112	65	0,4/0,2
12:00–12:30	Пасмурно, 8/7, Ci, Cu, Cu cong, Cb	15,7	62	1,7	146	66	
12:30–13:00	Дождь	15,3	66	2,5	171	67	0,3/0,0
13:00–13:30	Дождь	14,2	70	2,6	168	66	
13:30–14:00	Дождь	13,8	79	2,8	161	65	
Осенний эксперимент, 29.09.2017							
10:30–11:00	Ясно, солнечно, 1/0, Ci	12,6	53	6,6	10	58	1,1/0,0
11:00–11:30	Ясно	13,2	49	6,1	10	60	
11:30–12:00	Ясно	13,8	46	5,9	5	63	1,1/0,0
12:00–12:30	Ясно					65	
12:30–13:00	Ясно	14,3	45	5,7	8	69	1,1/0,0
13:00–13:30	Ясно	14,7	44	5,4	12	73	
13:30–14:00	Ясно	14,9	43	5,7	15	78	1,1/0,0

Примечание. Балл облачности (общая/нижняя облачность) и форма облачности отмечены в пунктах мобильных наблюдений.

(вторичный) и дневной (основной), что является типичным для данного времени года. В сентябре суточный ход КПО в период эксперимента характеризовался одним максимумом, который приходился на 14–15 часов.

Рассмотрим типичные аэрозольные свойства атмосферы на территории Крыма. Наиболее надежными измерениями аэрозольных характеристик атмосферы в столбе атмосферы характеризуется сеть АЭРОНЕТ [Holben et al., 1998]. Ближайшая станция наблюдения к Карадагской СФЭМ расположена в г. Севастополь, где измерения проводи-

лись в период с 2007 по 2015 гг. Сопоставление измерений аэрозольной оптической толщины (АОТ) между Севастополем и Карадагской СФЭМ, полученные по спутниковым данным MODIS (коллекция 5), показали различия, не превышающие 0,03 в видимом диапазоне спектра, в мае и в сентябре, что близко к погрешности определения АОТ. Это позволяет использовать в первом приближении измерения в Севастополе для характеристики типичных аэрозольных свойств в исследуемом районе. По данным многолетних измерений АЭРОНЕТ сезонные изменения АОТ также характеризуются

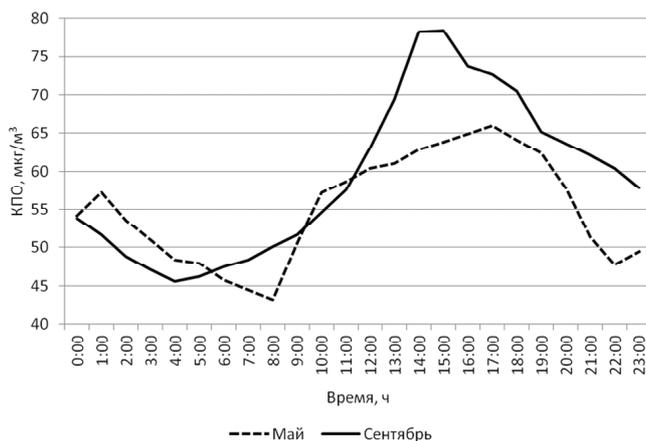


Рис. 2. Суточный ход КПО (мкг/м<sup>3</sup>) на СФЭМ 19 мая и 29 сентября 2017 г.

Fig. 2. Daily variation of ground-level ozone concentrations at the Karadag background environmental monitoring station on May 19 and September 29, 2017 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

двумя максимумами – весенним и летним. Среднемесячные значения АОТ в мае и сентябре в целом характеризуются примерно одинаковыми значениями АОТ на длине волны 500 нм, составляющими около 0,2 (рис. 3).

**Пространственные особенности распределения КПО и параметров аэрозоля по данным мобильных экспериментов. Пространственные изменения КПО.** Как видно из рис. 1, выбор пунктов измерений определялся степенью удаленности от оживленных автомагистралей, которые являются основными загрязнителями рассматриваемого региона в теплый период года. Самое загрязненное место расположено на Симферопольском шоссе. Однако надо отметить, что в осеннем эксперименте, в сентябре, из-за шторма Керченская переправа была закрыта, и интенсивность движения на шоссе была сопоставима с движением на небольших автотрассах (всего 6–8 машин в минуту).

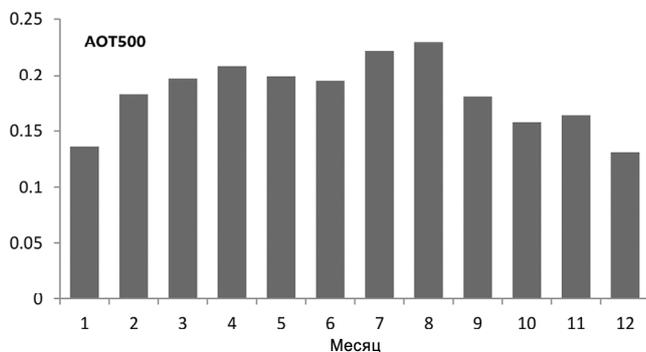


Рис. 3. Сезонные изменения аэрозольной оптической толщины на длине волны 500 нм по данным АЭРОНЕТ (Севастополь, 2007–2014 гг, уровень 1,5, версия 3)

Fig. 3. Seasonal changes in aerosol optical thickness at 500 nm wavelength according to AERONET data (Sevastopol, 2007–2014, level 1,5, version 3)

Метеорологические условия в период проведения весеннего и осеннего экспериментов характеризовались примерно одинаковыми температурно-влажностными условиями и ветром с преобладанием северных румбов в мае (за исключением второй половины дня 20 мая, когда шел дождь и измерения не проводились) и в сентябре (табл. 2). На высоте 500 мб анализ обратных траекторий с использованием кинематической модели (<http://db.cger.nies.go.jp>) за 5 дней показал адвекцию воздуха с севера ЕТР и районов Карского моря в мае, и с востока – из центральных районов Евразии – в сентябре.

Рассмотрим особенности пространственного распределения КПО на анализируемой территории. На рис. 4 приведены средние значения КПО и 95%-ные доверительные интервалы для пунктов измерений и их отклонения от одновременных измерений на СФЭМ. Хорошо видно, что максимальные значения КПО наблюдались на проселочных дорогах, где практически отсутствовало автомобильное движение и выбросы оксидов азота были минимальными, или с наветренной стороны от оживленного Симферопольского шоссе (на расстоянии приблизительно 200 м от шоссе). Повышенные КПО также наблюдались на берегу моря в Орджоникидзе в период как весеннего, так и осеннего экспериментов.

Статистически значимые пониженные КПО (примерно на 17,6 мкг/м<sup>3</sup> относительно фоновой станции) отмечались весной на Симферопольском шоссе при активном автомобильном движении, а также в районе непосредственно Коктебеля и села Наниково, где трасса была менее загружена, однако пункты измерений находились вблизи центра локального антропогенного загрязнения (поселка Коктебель). Отметим, что осенью при слабом автомобильном потоке по Симферопольскому шоссе КПО на шоссе была больше примерно на 10–14 мкг/м<sup>3</sup>, чем в других пунктах наблюдений и близка к фоновым значениям (рис. 4). В то же время весной, как отмечено выше, на Симферопольском шоссе наблюдались максимальные отрицательные отклонения КПО от фоновых значений. Такие изменения КПО в весенний и осенний периоды на Симферопольском шоссе объясняются флуктуациями выбросов оксидов азота, большие концентрации которых вели к разрушению озона весной и к менее активному разрушению осенью вследствие отсутствия автомобильного трафика. В целом, наибольшие значения КПО относительно фоновых (+15 мкг/м<sup>3</sup>) наблюдались на берегу моря, рядом с пляжем в Орджоникидзе, в осенний период. Отметим, что хотя здесь сами КПО не превышали максимально разовые значения ПДК, однако были гораздо больше среднесуточных ПДК. При сохранении такой тенденции в течение длительного времени КПО могут наносить вред здоровью отдыхающих, что требует проведения дополнительного мониторинга КПО.

Интересно, что полученные повышенные значения КПО и в мае, и в сентябре на берегу моря в

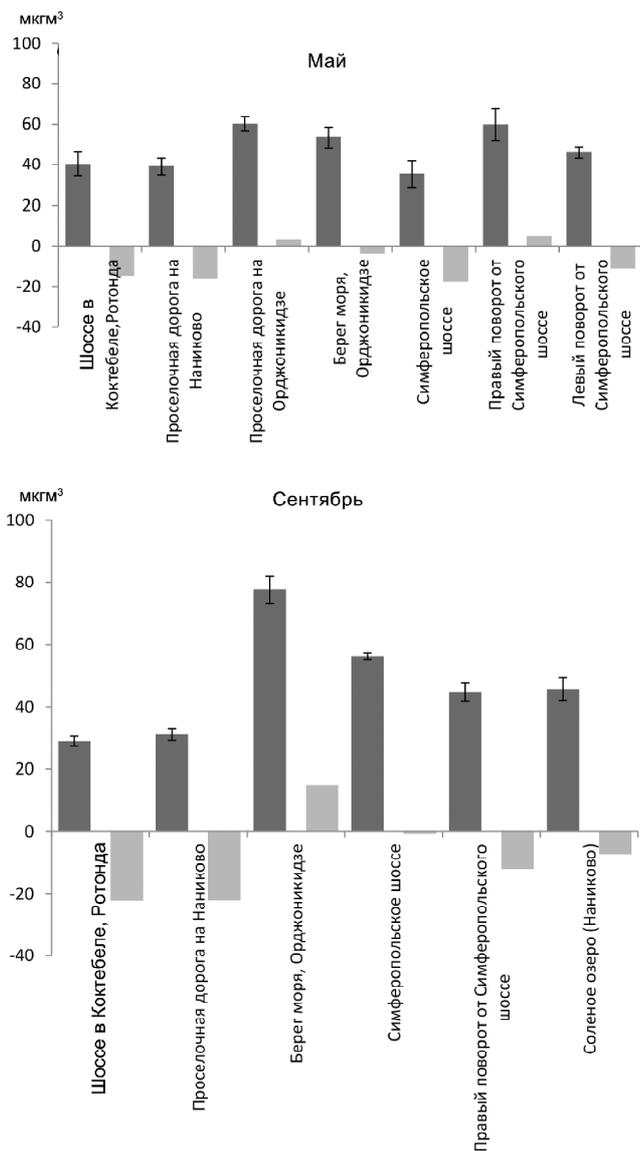


Рис. 4. Концентрации приземного озона (темные столбцы) в пунктах измерений в период экспериментов в окрестностях СФЭМ. Светлые столбцы – различия КПО в пунктах измерений с данными, полученными на СФЭМ

Fig. 4. Concentrations of ground-level ozone (dark columns) at the sites of measurements during the experiments in the vicinity of the Karadag background environmental monitoring station. Light columns – the differences of ground-level ozone concentrations at measurement sites with the data obtained at the Karadag background environmental monitoring station

Орджоникидзе хорошо согласуются с повышенными КПО на СФЭМ при ветрах со стороны моря. С одной стороны, это может быть связано с увеличением доли органических летучих соединений в морском воздухе или с дополнительной генерацией озона на крупных частицах (по данным оценок рост КПО за счет этого может достигать 15% [Dickerson et al., 1997]). Более крупный размер частиц подтвердился в ходе анализа волнового экспонента Ангстрема, определенного в период экспериментов. С другой стороны, повышенные КПО могут объяс-

няться влиянием дальнего переноса газов-предшественников. Исследование этого вопроса требует дополнительных измерений и планируется провести в последующем.

Наличие хода КПО в течение дня может иметь некоторое влияние на выявленные пространственные закономерности. Для выяснения роли внутрисуточной изменчивости были дополнительно проанализированы разности КПО между измерениями для каждого пункта мобильных измерений и параллельными измерениями на СФЭМ. Выявленные разности КПО между пунктами измерений по абсолютным значениям хорошо согласованы по знаку с разностями величин относительно измерений на СФЭМ (рис. 4). Коэффициент детерминации составляет более 98%.

**Пространственные вариации аэрозольных свойств атмосферы.** Аэрозольные оптические толщины на длине волны 500 нм были восстановлены с учетом волнового экспонента Ангстрема, полученного по измерениям на трех длинах волн 505, 625, 870 нм. В среднем для мая и сентября АОТ500 составило 0,12 (0,06 – в мае и 0,15 – в сентябре, что значительно меньше, чем в среднем по данным многолетних измерений АЭРОНЕТ (соответственно 0,2 и 0,18, рис. 3). Низкие значения АОТ были обусловлены адвекцией холодного воздуха из северных континентальных регионов России и Евразии. Анализ гистограмм распределения АОТ на разных длинах волн демонстрирует спектральные особенности АОТ с выраженным максимумом в УФ диапазоне спектра (рис. 5). Средние значения волнового экспонента Ангстрема, рассчитанного с учетом измерений АОТ на этих длинах волн, свидетельствуют о преобладании мелкодисперсного аэрозоля и оказались в среднем близкими для весны и осени: соответственно  $1,3 \pm 0,3$  и  $1,2 \pm 0,1$ . В то же время отмечались довольно существенные пространственные вариации волнового экспонента Ангстрема, связанные с локальными источниками аэрозоля.

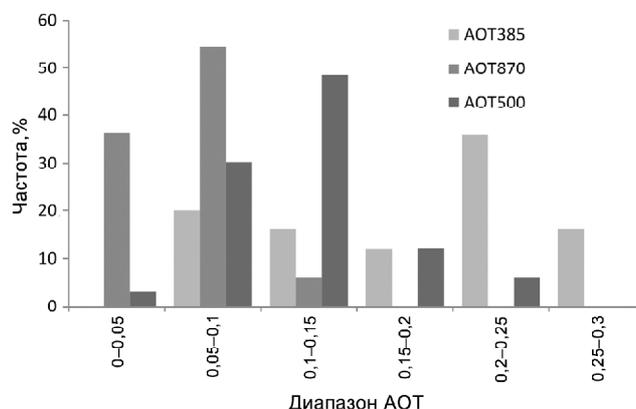


Рис. 5. Гистограмма распределения АОТ на длинах волн 385, 500 и 870 нм по данным двух экспериментов

Fig. 5. Histogram of AOT distribution at 385 nm, 500 nm and 870 nm wavelengths according to the data of two experiments

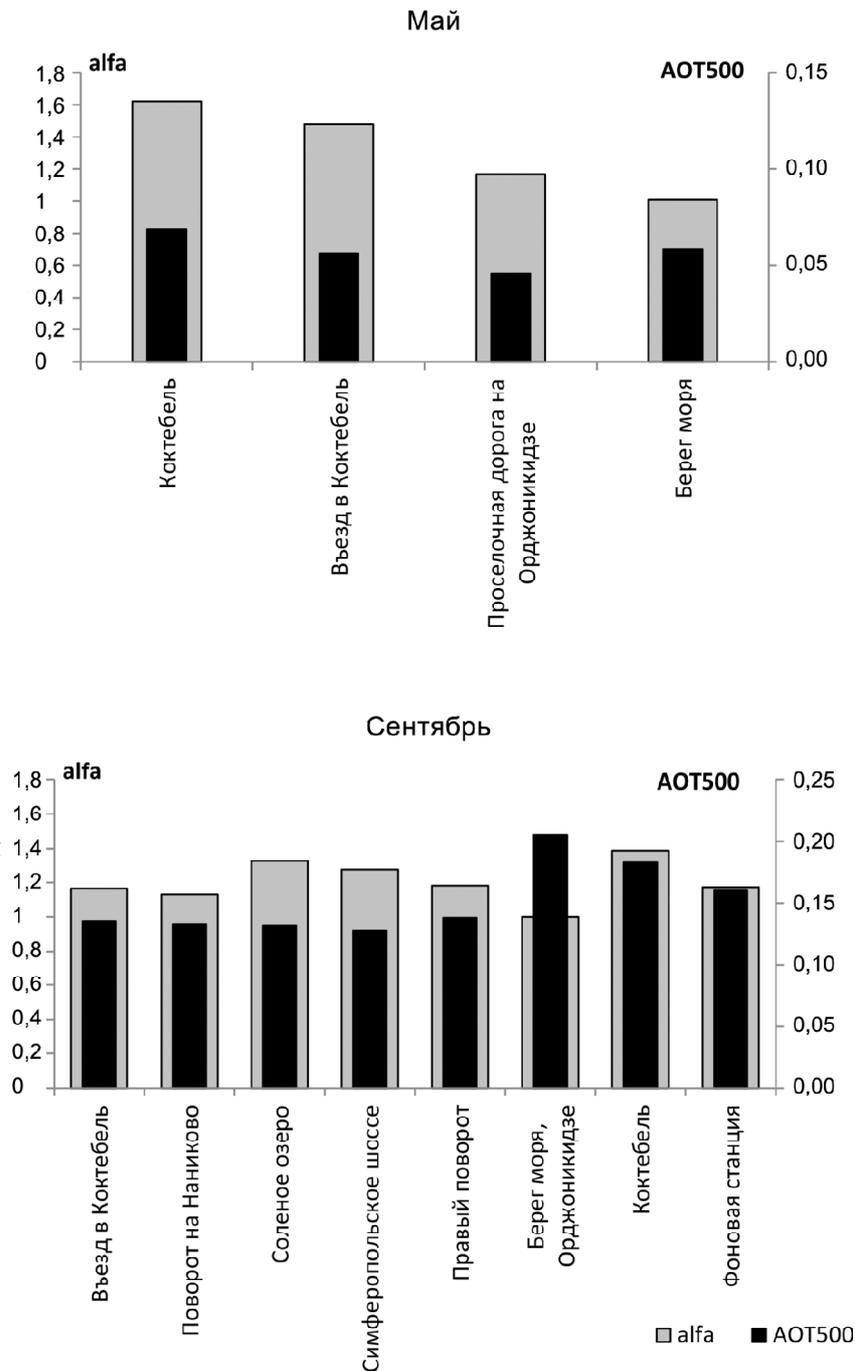


Рис. 6. Вариации АОТ на длине волны 500 нм и волнового экспонента Ангстрема в пунктах наблюдений в период проведения экспериментов

Fig. 6. Variations of AOT at 500 nm wavelength and the Angstrom parameter at observation sites during the periods of the experiments

Рассмотрим изменчивость АОТ500 и волнового экспонента Ангстрема в антропогенных (в поселке Коктебель) и естественных условиях (рис. 6). Если сравнивать измерения АОТ500 в Коктебеле со средними значениями, полученными в фоновых условиях вдали от источников загрязнения, то и весной, и осенью зарегистрировано некоторое превышение АОТ в поселке вдали от берега моря, которое составило около 0,02–0,04 или 20–30%. Отметим, что эта разница выше порога погрешности опреде-

ления АОТ. Также зарегистрировано и увеличение волнового экспонента Ангстрема на 0,1–0,5 по сравнению с фоновыми условиями, что свидетельствует о повышенной концентрации доли мелкодисперсной фракции в поселке по сравнению с измерениями в фоновых условиях. Однако самые высокие значения АОТ500 наблюдались осенью на берегу моря в поселке Орджоникидзе (до 0,2). Там же отмечалось уменьшение волнового экспонента Ангстрема до единицы, что обусловлено повышением concentra-

ции морского гигроскопичного аэрозоля, размеры которого существенно больше по сравнению с континентальным типом аэрозоля и наличие которого ведет к образованию так называемой прибрежной дымки. К сожалению, при измерениях на трассах диск Солнца был закрыт тонкими перистыми облаками, которые препятствовали определению аэрозольных свойств атмосферы.

**Оценки пространственной изменчивости солнечного УФ излучения.** Поскольку при проведении наблюдений в некоторые дни наблюдалась разорванная облачность, которая за счет процессов рассеяния в значительной степени изменяет поступление солнечной радиации, то были привлечены модельные расчеты для оценки пространственной изменчивости УФ излучения для условий ясного неба. Расчеты проводились в УФ диапазоне спектра с использованием модифицированного программного комплекса TUV (<https://www2.acom.ucar.edu/modeling/tropospheric-ultraviolet-and-visible-tuv-radiation-model>) с применением метода дискретных ординат в 8-ми потоковом приближении [Chubarova, 2006]. Эритемная УФ радиация была рассчитана для максимальных высот Солнца, характерных для периода проведения экспериментов в мае и сентябре – 65 и 40 градусов соответственно. Профиль озона задавался по модели, типичной для этого региона, с 76%-ным содержанием озона в нижнем километровом слое (относительно его измеренной приземной концентрации) и 28%-ным – в слое 2 км. Выше распределение озона задавалось по стандартному профилю. Профиль АОТ задавался для аэрозоля континентального типа с максимумом в нижнем двухкилометровом слое. Отметим, что неопределенности в задании профилей аэрозоля и озона практически не сказываются на результатах численных экспериментов для набора использованных параметров. Альbedo однократного рассеяния аэрозоля варьировалось в пределах 0,91–0,96. Цель проведения расчетов заключалась в оценке изменчивости солнечного УФ излучения за счет изменений концентрации приземного озона и аэрозоля. Выполненные расчеты показали, что в мае УФ индексы (УФИ), которые вычисляются нормированием эритемной УФ радиации на 0,025, при средних измеренных атмосферных параметрах и при высоте Солнца 65° достигают очень высокой категории (УФИ=8), когда для второго типа кожи происходит образование эритемы (покраснение кожи) менее, чем за полчаса [Vanicek et al., 2000]. В сентябре за счет более низких высот Солнца уровень УФ индексов был примерно в два раза ниже

(УФИ=4,1). Однако и при таком уровне УФ излучение является избыточным и возможно получение эритемы (категория УФ избыточности средней степени).

Численные эксперименты с заданием реальной изменчивости аэрозоля и КПО по экспериментальной территории показали, что в целом изменчивость радиационных потоков за счет вариации КПО и аэрозоля невелика и составляет около 2% в весенний и 4–6% – в осенний периоды суммарно за счет вариаций КПО и аэрозоля. Проведение дополнительных расчетов выявило, что главным образом вариации УФ радиации определяются изменениями оптических свойств аэрозоля. Для экспериментальных условий изменчивость КПО определяют изменения УФ индексов не более, чем на 1%, а изменчивость АОТ – в пределах 2–5% в зависимости от задания поглощательных свойств атмосферы.

#### **Выводы:**

– на основании двух серий мобильных экспериментов, проведенных в разные сезоны года, получены первые оценки пространственных закономерностей КПО и аэрозольных характеристик в районе Карадагской СФЭМ, в рекреационных и подверженных антропогенному загрязнению зонах;

– обнаружены довольно существенные флуктуации КПО (от +15 до –22 мкг/м<sup>3</sup>) относительно фоновых значений с характерным уменьшением КПО на Симферопольском шоссе при активном автомобильном движении и его фоновые значения при неработающей Керченской переправе. Повышенные КПО наблюдались непосредственно у берега моря;

– аэрозольные характеристики испытывали существенные флуктуации. В городской среде (непосредственно в Коктебеле) АОТ была на 0,02–0,04 выше фоновых значений. Повышенные значения АОТ наблюдались на берегу моря в осенний период года. С ростом антропогенного загрязнения увеличивался волновой показатель Ангстрема (увеличение достигало 0,5 по сравнению с фоновыми условиями) за счет увеличения доли мелкодисперсного аэрозоля. У береговой линии волновой показатель Ангстрема закономерно уменьшался за счет увеличения доли грубодисперсной фракции гидрофильного морского аэрозоля;

– модельные расчеты УФ индексов с учетом КПО и АОТ для различных пунктов показали более важную роль флуктуаций АОТ (до 5%) по сравнению с изменчивостью КПО (до 1%);

– полученные оценки носят предварительный характер и требуют проведения дополнительных экспериментов, в том числе и в другие сезоны года.

**Благодарности.** Проект выполнен при частичной поддержке гранта РГО «Крымская комплексная экспедиция» (договор № 20/2018-И от 06.07.2018). Численные и экспериментальные оценки влияния аэрозоля на УФ радиацию выполнялись при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-05-00700.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белан Б.Д. Озон в тропосфере. Томск: Изд-во ИОА СО-РАН, 2010. 376 с.
- Губанова Д.П., Беликов И.Б., Еланский Н.Ф., Скоруход А.И., Чубарова Н.Е. Изменчивость приземной концентрации аэрозолей PM<sub>2.5</sub> в г. Москве по наблюдениям в Метеорологической обсерватории МГУ // Оптика атмосферы и океана. 2017. Т. 30. № 12. С. 1033–1042.
- Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2015 году» Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, Москва, 2016, <https://www.mos.ru/eco/documents/doklady/view/63286220/>.
- Звягинцев А.М. Аномалии приземного озона в Европе // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40. № 3. С. 387–396.
- Звягинцев А.М., Кузнецова И.Н. Изменчивость приземного озона в окрестностях Москвы: результаты десятилетних регулярных наблюдений // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2002. Т. 38. № 4. С. 486–495.
- Климат Москвы в условиях глобального потепления / Под ред. А.В. Кислова М.: Изд-во Моск. ун-та, 2017, 288 с. ISBN 978-5-19-011227-6
- Кунина И.М. Влияние озона на растения // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1986. Т. 9. С. 44–86.
- Лапченко В.А., Звягинцев А.М. Приземный озон в Крыму // Пространство и время. 2014. № 2(16). С. 254–257.
- Ларин И.К. Химическая физика озонового слоя. М.: ГЕОС, 2013. 160 с.
- Розенталь В.А., Чубарова Н.Е., Изакова О.М., Шараев Г.А. Мониторинг радиационных потоков аппаратно-программным комплексом SUN // Оптика атмосферы и океана. 1999. Т. 12. № 1. С. 82–86.
- Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2006. ISBN 92 890 2192 6, 484 p.
- Chubarova N.E. Role of Tropospheric Gases In The Absorption of UV Radiation // Doklady Earth Sciences, Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), 2006. V. 407. № 2. P. 294–297.
- Chubarova N.Y., Sviridenkov M.A., Smirnov A., Holben B.N. Assessments of urban aerosol pollution in Moscow and its radiative effects // Atmospheric Measurement Techniques. 2011. № 4. P. 367–378.
- Crutzen P.J. Tropospheric ozone: an overview / Ed. I.S.A. Isaksen Dordrecht: Reidel, 1988. P. 3–22.
- Dickerson R.R., Kondragunta S., Stenchikov G., Civerolo K.L., Doddridge B.G., Holben B.N. The impact of aerosols on solar ultraviolet radiation and photochemical smog // Science. 1997. V. 278. № 5339. P. 827–830.
- Elansky N.F., Belikov I.B., Berezina E.V. et al. Atmospheric Composition Observations over Northern Eurasia using the Mobile Laboratory: TROICA Experiment. ISTC. Moscow, 2009. 72 p. <http://www.ifaran.ru/troica/biblio/troica-en.pdf>.
- Elansky N.F., Lavrova O.V. Minor gases species in the atmosphere of Russian cities from mobile laboratory measurements (TROICA experiments) // Dokl. EarthSci. 2014. V. 459(2). P. 1603–1608.
- Flaum J.B., Rao S.T., Zurbenko I.G. Moderating the influence of meteorological conditions on ambient ozone concentrations // J. Air&Waste Manage. Assoc. 1996. V. 46. P. 35–46.
- Gorai A.K., Tchounwou P. B., Mitra G. Spatial Variation of Ground Level Ozone Concentrations Gargi and its Health Impacts in an Urban Area in India // Aerosol and Air Quality Research. 2017. V. 17. № 4. P. 951–964.
- Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y.J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Rem. Sens. Environ. 1998. № 66. P. 1–16.
- Jacob D.J. Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 1999. 266 p. <http://acmg.seas.harvard.edu/publications/jacobbook/index.html>
- Manning W.J., Godzik B., Musselman R. Potential bioindicator plant species for ambient ozone in forested mountain areas of central Europe // Environ. Pollut. 2002. V.119. № 3. P. 283–290.
- Sadighi K., Coffey E., Polidori A., Feenstra Brandon, Henze D., Hannigan M. Intra-urban spatial variability of surface ozone and carbon dioxide in Riverside, CA: viability and validation of low-cost sensors // Atmos. Meas. Tech. Discuss. <https://doi.org/10.5194/amt-2017-183>
- Solberg S., Bergstroem R., Langner J., Laurila T., Sjoeborg K., Lindskog A. Changes in ozone episodes due to emission reductions: A Nordic study, Norwegian Institute for Air Research: Kjeller. EMEP/CCC-Report 10/2002. 74 p. <http://www.nilu.no>
- Tarasova O.A., Karpetchko A.Yu. Atmospheric chemistry and physics accounting for local meteorological effects in the ozone time-series of Lovozero (Kola Peninsula) // Atmos. Chem. Phys. 2003. V. 3. P. 941–949.
- Vanicek K., Frei T., Litynska Z., Schmalwieser A. UV-Index for the Public. // Publication of the European Communities, Brussels, Belgium, 2000. [http://www.higieneocupacional.com.br/download/uv\\_index\\_karel\\_vanicek.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/uv_index_karel_vanicek.pdf)
- Wang Y., Zhang Y., Hao J., Luo M. Seasonal and spatial variability of surface ozone over China: contributions from background and domestic pollution // Atmos. Chem. Phys. 2011. V. 11. P. 3511–3525.

Поступила в редакцию 15.02.2018

После доработки 29.10.2018

Принята к публикации 06.12.2018

V.A. Lapchenko<sup>1</sup>, N.Ye. Chubarova<sup>2</sup>,  
E.Yu. Zhdanova<sup>3</sup>, V.A. Rozental<sup>4</sup>

SPATIAL VARIABILITY OF GROUND-LEVEL OZONE,  
AEROSOL AND SOLAR UV RADIATION  
IN SOUTHEAST CRIMEA

Specific features of spatial distribution of the ground-level ozone and aerosols in the neighborhood of the Karadag background environmental monitoring station were studied, both in the recreational zones and the anthropogenic pollution zones of the southeast Crimea. Significant ground-level ozone fluctuations (from +15 to –22  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) were detected relative to background values with a noticeable decrease in ground-level ozone values along the Simferopol highway with intensive traffic and increased ground-level ozone concentrations near the sea shore. The aerosol optical thickness in urban environment (the Koktebel town) was 0,02–0,04 higher than the background values. With the growth of anthropogenic pollution, the increasing Angstrom parameter is observed (up to 0,5 in comparison with background conditions) due to the growth of fine aerosols. Along the shoreline the Angstrom parameter decreases because of the growth of coarse aerosol fraction. Model calculations of radiative transfer, with account of variations in ground-level ozone and aerosol for various points of observations, have shown more important role of aerosol optical thickness fluctuations (up to 5%) in comparison with the changes of ground-level ozone concentrations (up to 1%) for erythemally weighted UV radiation.

*Key words:* aerosol features, anthropogenic pollution, erythemally weighted UV radiation, UV index, background environmental monitoring station

*Acknowledgements.* The project was partly financially supported by the Russian Geographical Society (The Crimean Complex Expedition, № 20/2018-II of 06.07.2018). Numerical and experimental estimates of the aerosol impact on UV radiation were partly financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00700).

REFERENCES

- Air Quality Guidelines: Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO. 2006. ISBN 92-890-2192-6. 484 p.
- Belan B.D. Ozon v troposfere. [Ozone in the troposphere]. Tomsk: IOA SO RAN. 2010. 376 p. (In Russian)
- Chubarova N.E. Role of Tropospheric Gases In The Absorption of UV Radiation // Doklady Earth Sciences, Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation). 2006. V. 407. № 2. P. 294–297.
- Chubarova N.Y., Sviridenkov M.A., Smirnov A., Holben B.N. Assessments of urban aerosol pollution in Moscow and its radiative effects // Atmospheric Measurement Techniques. 2011. № 4. P. 367–378.
- Crutzen P.J. Tropospheric ozone: an overview / Ed. I.S.A. Isaksen Dordrecht: Reidel, 1988. P. 3–22.
- Dickerson R.R., Kondragunta S., Stenchikov G., Civerolo K.L., Doddridge B.G., Holben B.N. The impact of aerosols on solar ultraviolet radiation and photochemical smog // Science. 1997. V. 278. № 5339. P. 827–830.
- Elansky N.F., Belikov I.B., Berezina E.V. et al. Atmospheric Composition Observations over Northern Eurasia using the Mobile Laboratory: TROICA Experiment. ISTC. Moscow, 2009. 72 p. <http://www.ifaran.ru/troica/biblio/troica-en.pdf>.
- Elansky N.F., Lavrova O.V. Minor gases species in the atmosphere of Russian cities from mobile laboratory measurements (TROICA experiments) // Dokl. EarthSci. 2014. V. 459(2). P. 1603–1608.
- Flaum J.B., Rao S.T., Zurbenko I.G. Moderating the influence of meteorological conditions on ambient ozone concentrations // J. Air&Waste Manage. Assoc. 1996. V. 46. P. 35–46.
- Gorai A.K., Tchounwou P.B., Mitra G. Spatial Variation of Ground Level Ozone Concentrations Gargi and its Health Impacts in an Urban Area in India // Aerosol and Air Quality Research. 2017. V. 17. № 4. P. 951–964.
- Gubanova D.P., Belikov I.B., Elanskij N.F., Skorohod A.I., Chubarova N.E. Izmenchivost' prizemnoj koncentracii ajerozolej PM2.5 v g. Moskve po nabljudenijam v Meteorologicheskoy observatorii MGU. [Variability of surface concentrations of PM2.5 aerosols in Moscow according to observations at the MSU Meteorological Observatory] // Atmospheric and ocean optics. 2017. V. 30. № 12. P. 1033–1042. (In Russian)
- Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I., Tanre D., Buis J.P., Setzer A., Vermote E., Reagan J.A., Kaufman Y.J., Nakajima T., Lavenu F., Jankowiak I., Smirnov A. AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterization // Rem. Sens. Environ. 1998. № 66. P. 1–16.

<sup>1</sup> Karadag Nature Reserve, Russian Academy of Sciences, Research Scientist; *e-mail:* ozon.karadag@gmail.com

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* natalia.chubarova@gmail.com

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Research Scientist, PhD in Geography; *e-mail:* ekaterinazhdanova214@gmail.com

<sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, engineer; *e-mail:* vandtqq@list.ru

*Jacob D.J.* Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press, 1999. 266 p. <http://acmg.seas.harvard.edu/publications/jacobbook/index.html>

Klimat Moskvy v uslovijah global'nogo potepnenija [Climate of Moscow under global warming] / Ed. A.V. Kislov. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta Moskva. ISBN 978-5-19-011227-6. 2017. 288 p. (In Russian)

*Kunina I.M.* Vlijanie ozona na rastenija [Influence of ozone on plants]. – In: Problemy jekologicheskogo monitoringa i modelirovanija jekosistem [Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling]. L.: Gidrometeoizdat. 1986. V. 9. P. 44–86. (In Russian)

*Lapchenko V.A., Zvjagincev A.M.* Prizemnyj ozon v Krymu [Ground-level ozone in Crimea] // Prostranstvo i vremja. 2014. V. 2(16). P. 254–257. (In Russian)

*Larin I.K.* Himicheskaja fizika ozonovogo sloja [Chemical Physics of the Ozone Layer]. M.: GEOS, 2013. 160 p. (In Russian)

*Manning W.J., Godzik B., Musselman R.* Potential bioindicator plant species for ambient ozone in forested mountain areas of central Europe // Environ. Pollut. 2002. V. 119. № 3. P. 283–290.

Report «O sostojanii okruzhajushhej sredy v gorode Moskve v 2015 godu» [On the state of nature environment in Moscow in 2015], Moscow Government, Department of Nature Management and Environmental Protection of Moscow. Moscow. 2016. <https://www.mos.ru/eco/documents/doklady/view/63286220/> (In Russian)

*Rozental' V.A., Chubarova N.E., Izakova O.M., Sharaev G.A.* Monitoring radiacionnyh potokov apparatno-programmnym kompleksom SUN [Monitoring of radiation in the atmosphere by SUN software] // Atmospheric and ocean optics. 1999. V. 12. № 1. P. 82–86. (In Russian)

*Sadighi K., Coffey E., Polidori A., Feenstra Brandon, Henze D., Hannigan M.* Intra-urban spatial variability of surface ozone and carbon dioxide in Riverside, CA: viability and validation of low-cost sensors // Atmos. Meas. Tech. Discuss. <https://doi.org/10.5194/amt-2017-183>

*Solberg S., Bergstroem R., Langner J., Laurila T., Sjoeberg K., Lindskog A.* Changes in ozone episodes due to emission reductions: A Nordic study, Norwegian Institute for Air Research: Kjeller. EMEP/CCC-Report 10/2002. 74 p. <http://www.nilu.no>

*Tarasova O.A., Karpetchko A.Yu.* Atmospheric chemistry and physics accounting for local meteorological effects in the ozone time-series of Lovozero (Kola Peninsula) // Atmos. Chem. Phys. 2003. V. 3. P. 941–949.

*Vanicek K., Frei T., Litynska Z., Schmalwieser A.* UV-Index for the Public. // Publication of the European Communities, Brussels, Belgium, 2000. [http://www.higieneocupacional.com.br/download/uv\\_index\\_karel\\_vanicek.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/uv_index_karel_vanicek.pdf)

*Wang Y., Zhang Y., Hao J., Luo M.* Seasonal and spatial variability of surface ozone over China: contributions from background and domestic pollution // Atmos. Chem. Phys. 2011. V. 11. P. 3511–3525.

*Zvjagincev A.M.* Anomalii prizemnogo ozona v Evrope [Anomalies of ground-level ozone in Europe] // Izvestija RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2004. V. 40. № 3. P. 387–396. (In Russian)

*Zvjagincev A.M., Kuznecova I.N.* Izmenchivost' prizemnogo ozona v okrestnostjakh Moskvy: rezul'taty desjatiletnih reguljarnyh nabljudenij [Variability of ground-level ozone in the vicinity of Moscow: results of decade-long regular observations] // Izvestija RAN. Fizika atmosfery i okeana. 2002. V. 38. № 4. P. 486–495. (In Russian)

Received 15.02.2018

Revised 29.10.2018

Accepted 06.12.2018

## МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.466

С.А. Мысленков<sup>1</sup>, М.Ю. Маркина<sup>2</sup>, В.С. Архипкин<sup>3</sup>, Н.Д. Тилинина<sup>4</sup>

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ШТОРМОВОГО ВОЛНЕНИЯ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА

Приведены оценки повторяемости штормового волнения в Баренцевом море. Результаты получены на основе данных моделирования ветрового волнения с 1979 по 2010 гг. при помощи волновой модели WAVEWATCH III на неструктурной сетке. Для каждого месяца в Баренцевом море рассчитано количество случаев с различной высотой значительных волн от 4 до 10 м. Проведена оценка межгодовой изменчивости повторяемости штормового волнения.

В повторяемости штормового волнения в Баренцевом море за весь период с 1979 по 2010 гг. значимый линейный тренд отсутствует. Для случаев с высотой волн более 6 м с 1979 по 1991 гг. наблюдалось увеличение повторяемости, с 1991 по 2002 гг. уменьшение, после 2003 г. – увеличение. Для случаев с высотой волн более 6 м максимальные значения повторяемости наблюдаются в 1990–1993 гг. Межгодовая изменчивость повторяемости штормового волнения очень велика (для разных годов количество случаев штормового волнения может меняться в 2–3 раза). Коэффициент корреляции между индексом Арктического колебания и повторяемостью волнения высотой более 7 м составляет 0,6. Коэффициент корреляции количества глубоких циклонов с повторяемостью волнения высотой более 7 м составляет 0,67.

*Ключевые слова:* штормовая активность, ветровое волнение, Баренцево море, моделирование волнения, WAVEWATCH III

**Введение.** В наше время наблюдается повышенный интерес к исследованию гидрометеорологических условий Арктических морей. Это связано с активным хозяйственным освоением данного региона: здесь идет активная разведка, добыча и транспортировка полезных ископаемых, развивается рыбный промысел, это район интенсивного судоходства. Одним из ключевых лимитирующих факторов для хозяйственной деятельности и судоходства является ветро-волновой режим.

Последнее десятилетие характеризуется значимым сокращением площади многолетнего и сезонного льда в Арктике [Шалина, 2013] и появлением значительно большей свободной ото льда поверхности моря. Это потенциально может привести к изменениям ветро-волнового режима в Арктическом регионе. В современном климате происходят изменения в повторяемости и траекториях циклонов [Tilina et al., 2014], а также меняется повторяемость высоких скоростей ветра. Г.В. Сурковой с соавт. [Суркова, Крылов, 2016] показано, что в период с 1981 по 2010 гг. наблюдается слабое уменьшение повторяемости скорости ветра 95 и 99 процентилей над Баренцевым морем. Также отмечается период высокой повторяемости экстремальных

значений скорости ветра в начале 1990-х годов. Согласно докладом [Второй, 2014; IPCC, 2013], в последние десятилетия наблюдается слабое уменьшение скорости ветра в средних и высоких широтах, но их рост к северу от 75–80° с. ш. В исследованиях атмосферных циркуляционных процессов с позиций классификации Б.Л. Дзердзеевского отмечено, что в этот период резко усиливается повторяемость процессов южного меридионального типа. При таком типе циркуляции зарождающиеся в Северной Атлантике циклоны распространяются преимущественно севернее в Арктику [Кононова, 2015; Tilina et al., 2013]. Следовательно, можно ожидать увеличение штормовой активности в Баренцевом море.

Особенности ветрового режима и волнового климата Баренцева моря приведены в Справочных данных [Справочные ..., 2003], где, в частности, показано, что высота волн 50%-ной обеспеченности с повторяемостью 1 раз в год составляет 6,1 м, а для 0,1%-ной обеспеченности – >19 м. Периоды, в течение которых скорость ветра не превышает 15 м/с, в зимние месяцы в среднем составляют 3–6 дней. То есть значительную часть года над акваторией Баренцева моря преобладают штормовые погодные условия.

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, ст. науч. с.; Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, канд. физ.-мат. н.; *e-mail:* stasoccean@gmail.com

<sup>2</sup> Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, стажер-исследователь, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, аспирант; *e-mail:* markina@sail.msk.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* victor.arkhipkin@gmail.com

<sup>4</sup> Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, науч. с., канд. физ.-мат. н.; *e-mail:* tilina@sail.msk.ru

Также сведения о режиме ветрового волнения Баренцева моря представлены в иностранных работах [Stora et al., 2016; Liu et al., 2016], но данных о многолетней изменчивости повторяемости штормового волнения в них не приведено.

При анализе ветро-волнового режима над открытыми морскими акваториями главной проблемой является отсутствие регулярных по пространству и времени данных наблюдений о параметрах волн. При отсутствии данных реанализа полей ветра и волнения за период времени длительностью несколько десятков лет можно использовать результаты вероятностного моделирования временной структуры штормов [Мастрюков, 2014]. Однако в наши дни одним из основных подходов для исследования ветро-волнового режима является использование спектральных волновых моделей, позволяющих восстанавливать характеристики ветрового волнения [Режим ..., 2013].

В нашей работе на основе ретроспективных расчетов волнения с высоким пространственным и временным разрешением производится оценка повторяемости случаев штормового волнения в Баренцевом море за период с 1979 по 2010 гг.

**Материалы и методы исследований.** На сегодняшний день использование спектральных волновых моделей является наиболее точным и современным методом для исследования режимных и экстремальных характеристик ветрового волнения. При сравнении высот волн, полученных на основе данных реанализов и спектральной волновой модели, с данными прямых измерений корреляция обычно составляет 0,8–0,9, а среднеквадратическая ошибка 0,3 м [Дымов с соавт., 2004; Мысленков, Платонов с соавт., 2015; Rusu et al., 2014; Reistad et al., 2011; Stora et al., 2016].

Для проведения расчетов волновых характеристик в Баренцевом море использована спектральная волновая модель третьего поколения WAVEWATCH III (WW3) версии 4.18 [Tolman, 2014]. Модель WW3 является развитием модели WAM в отношении функций источника и функции нелинейного взаимодействия [Режим ..., 2013]. В основе модели лежит численное решение уравнения спектрального баланса волновой энергии:

$$\frac{\partial E(\omega, \theta, \vec{x}, t)}{\partial t} + \vec{V}(\omega, \theta) \nabla E = S(\omega, \theta, \vec{x}, t), \quad (1)$$

где  $\omega$  и  $\theta$  – частота и направление распространения спектральной составляющей волновой энергии;  $E(\omega, \theta, \vec{x}, t)$  – двумерный спектр энергии в точке с векторной координатой  $\vec{x}$  в момент времени  $t$ ;  $\vec{V}(\omega, \theta)$  – групповая скорость спектральных составляющих;  $S(\omega, \theta, \vec{x}, t)$  – функция, описывающая источники и стоки волновой энергии: передачу энергии от ветра к волнам и диссипацию энергии, а также нелинейные взаимодействия волн. Интегрирование уравнения баланса энергии осуществляется с помощью конечно-разностных схем по географическому и спектральному пространствам.

В данной работе для генерации волн используется схема ST1. Для расчета нелинейных взаимодействий была использована параметрическая схема DIA (Discrete Interaction Approximation), которая является стандартным приближением для расчета нелинейных взаимодействий во всех современных волновых моделях [Tolman, 2014].

Для учета влияния льда была использована схема IC0, в которой при сплоченности льда более 0,25 (сплоченность задается в модели в долях от 0 до 1) узел сетки считается покрытым льдом, и включается экспоненциальное затухание волновой энергии с поправкой на сплоченность льда в данном узле.

В узкой прибрежной зоне помимо обрушения волн из-за длительного воздействия ветра на морскую поверхность (входит в схему ST1), рассчитывается также увеличение высоты волн при подходе к берегу и связанное с ним обрушение по достижении критического значения крутизны волны. Для учета воздействия придонного трения используется стандартная схема JONSWAP [Tolman, 2014], диссипация волновой энергии параметризуется в зависимости от отношения фазовой и групповой скоростей волн, а также глубины в точке. Спектральное разрешение модели составляет 36 направлений ( $\Delta\theta=10^\circ$ ), частотный диапазон  $\sigma$  – 36 интервалов от 0,03 до 1,1 Гц.

Вычисления проводились на оригинальной неструктурной сетке, созданной на основе базы данных о рельефе дна ETOPO1 с пространственным разрешением одна морская миля и данных навигационных карт. Вычислительная сетка модели покрывает Баренцево и Карское моря, а также всю северную часть Атлантического океана (рис. 1). Неструктурная сетка состоит из 16 792 узлов, пространственное разрешение варьирует от  $1^\circ$  (в Атлантическом океане) до 15 км (в Баренцевом море). Ранее эта сетка успешно использовалась для моделирования волнения [Мысленков с соавт., 2016; Myslenkov et al., 2018]. Необходимость учета зыби, распространяющейся из данных акваторий, при расчете высоты значительных волн в Баренцевом море была наглядно показана ранее [Мысленков, Архипкин с соавт., 2015].

Выдача результатов производится с шагом 3 ч. Общий шаг по времени для интегрирования полного уравнения волнового действия составляет 15 минут, шаг по времени для интегрирования функций источников и стоков волновой энергии – 60 секунд, шаги по времени для передачи энергии по спектру и удовлетворения условию Куранта-Фридрихса-Леви – 450 секунд. Данный выбор продиктован конфигурацией вычислительной сетки: максимальным и минимальным расстоянием между узлами и большой широтной протяженностью.

В качестве вынуждающей силы были использованы данные о ветре на высоте 10 м из реанализа NCEP/CFRSR (Climate Forecast System Reanalysis) [Saha et al., 2010], который охватывает период с 1979 по 2010 гг., имеет пространственное разрешение  $\sim 0,3^\circ$  и шаг по времени 1 час. Поля сплоченности льда также были взяты из реанализа NCEP/CFRSR.

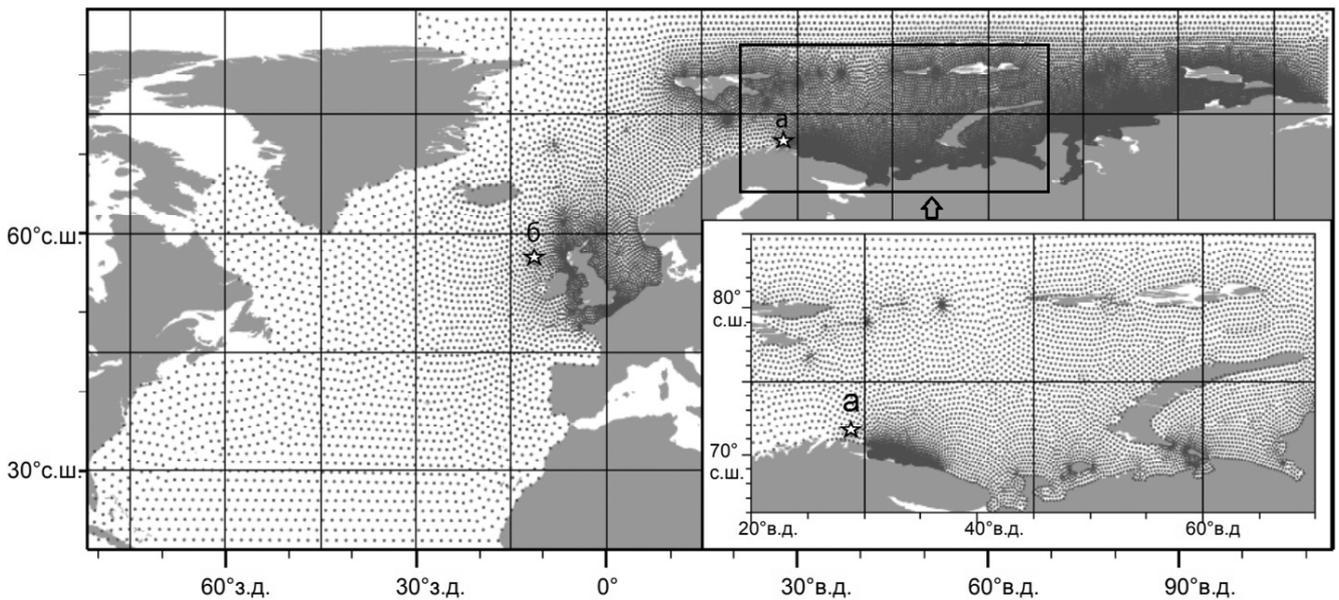


Рис. 1. Неструктурная сетка для Северной Атлантики и Баренцева моря (звездочками отмечено расположение волновых буев)  
 Fig. 1. Unstructured grid for the North Atlantic and the Barents Sea (asterisks show the location of wave buoys)

В результате проведенных расчетов для каждого узла вычислительной сетки получены характеристики ветрового волнения за каждые 3 часа с 1979 по 2010 гг. (всего 32 года): высота значительных волн  $H_s$  (среднее значение от 1/3 наиболее высоких волн в спектре волнения или 13% обеспеченности), среднее направление распространения волн, средний период волн, средняя длина волны, средняя высота зыби, пиковый период волн, перенос энергии. На основе этих данных были рассчитаны максимальные и среднемноголетние значения высоты значительных волн.

Для каждого месяца или года в Баренцевом море в пределах области 20–65° в. д., 67–89° с. ш. было рассчитано количество случаев штормового волнения с различной высотой значительных волн от 4 до 10 м. Методика расчета заключалась в следующем: если хотя бы в одном узле в области поиска величина высоты волн превышает 4 м, то данное событие причисляется к случаю штормового волнения с критерием >4 м. Это событие продолжается до тех пор, пока на всех узлах высота волн не станет меньше критерия. Далее, если в одном из узлов опять превышен критерий, то это событие причисляется к следующему случаю. Чтобы исключить возможные ошибки, между двумя случаями штормового волнения должно пройти не менее 9 часов. Данная методика имеет погрешность, связанную со штормами, идущими подряд или с разных направлений. Однако такие случаи встречаются редко. Как показал визуальный анализ, проведенный для нескольких лет, предлагаемый алгоритм работает корректно. События с высотой волн 2–3 м встречаются в Баренцевом море практически постоянно, что не всегда может быть связано со штормом в Баренцевом море, а, например, с зыбью, при-

ходящей из северной Атлантики [Мысленков, Архипкин с соавт., 2015], поэтому события с высотой волн менее 4 м не выделялись как отдельные шторма.

К сожалению, для Баренцева моря практически отсутствуют данные прямых измерений волнения. Для сопоставления с данными моделирования использованы данные волновых буев Oceanog, установленных в Норвежском море [www.oceanog.com]. Данные о значимой высоте волны доступны за период с 2014 по 2015 гг. с шагом по времени 1 час. Также привлекались данные буев из базы данных Британского океанографического центра [www.bodc.ac.uk], расположенных у побережья Великобритании, где имеются данные за отдельные сезоны с 1979 по 2000 гг.

Также для анализа привлекались данные индексов циркуляции атмосферы: Северо-Атлантического колебания (САК) и Арктического колебания (АК). Арктическое колебание описывается изменениями первой эмпирической ортогональной функции давления на уровне моря в Северном полушарии (20–90° N) зимой. Один центр давления находится в Арктике, а другой – в области между 37° и 45° N [Huth et al., 2008]. Выделяют две фазы АК – отрицательную и положительную. При положительной фазе АК шторма из северной Атлантики проходят севернее. Данные расчета атмосферных индексов доступны на сайте NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>).

Идентификация и построение траекторий циклонов (трекинга) проводилась с использованием численного алгоритма [Zolina, Gulev, 2002; Tilinina et al., 2013]. Алгоритм заключается в нахождении и отслеживании в поле давления локальных минимумов в полярной орфографической проекции с регулярной сеткой, покрывающей Северное полушарие

(181×181 точка). Данные реанализа ERA-Interim [Dee et al., 2011] с шагом по времени 6 часов были интерполированы на эту сетку с использованием модифицированного метода локальных процедур [Akima, 1970]. Результатом трекинга являются следующие данные – координаты центра циклона, давление в центре циклона и маркер времени. Картирование тренда в количестве циклонов осуществлялось на циркулярной сетке с площадью ячейки 155 000 км<sup>2</sup> и удаленностью между ячейками – 2° [Tilinina et al., 2013]. Под повторяемостью циклонов мы понимаем частоту возникновения циклонов в определенной ячейке сетки. Например, если в какой-то ячейке сетки постоянно располагался центр циклона, то повторяемость равнялась количеству 6-часовых сроков в рассматриваемом периоде для этой ячейки сетки.

**Результаты.** На первом этапе была проведена оценка качества моделирования волнения на основе инструментальных данных. Результаты сопоставления высоты значительных волн в ближайших узлах модельной сетки к положению океанских буйев представлены на рис. 2: приводятся данные сравнения с бум Nordkin (А) в 2014 г. и с бумом № 507815 (данные Британского океанографического центра) (Б) в 1995 г. Модель успешно воспроизводит как абсолютные значения, так и изменчивость высоты волн. Коэффициент корреляции для обоих рядов на

рис. 2, А и Б находится в пределах 0,8–0,9, среднеквадратическая ошибка до 0,9 м. Полученные результаты согласуются с оценками качества других реализаций волновых моделей в данном районе [Дымов с соавт., 2004; Rusu et al., 2014; Reistad et al., 2011; Stopa et al., 2016; Справочные ..., 2003], и позволяют использовать полученный массив данных для оценки межгодовой изменчивости повторяемости штормового волнения.

Распределение максимальной и среднемноголетней высоты значительных волн для Баренцева моря за период моделирования (1979–2010) приведено на рис. 3, А, Б. Максимальные величины наблюдаются на границе Баренцева и Норвежского морей и составляют 15–16 м. В центральной части Баренцева моря максимальная высота значительных волн достигает 12–14 м. В Справочных данных [Справочные ..., 2003] показано, что максимальная высота значительных волн в Баренцевом море, возможная 1 раз в 25 лет, составляет 13 м, 1 раз в 50 лет – 13,7 м. Наши результаты несколько отличаются от этих оценок и могут являться результатом использования разной конфигурации модели и граничных условий. Средняя многолетняя высота значительных волн составляет 1,8–2,2 м для центральной части Баренцева моря (рис. 3, Б).

Анализ повторяемости случаев штормового волнения различной высоты в Баренцевом море пред-

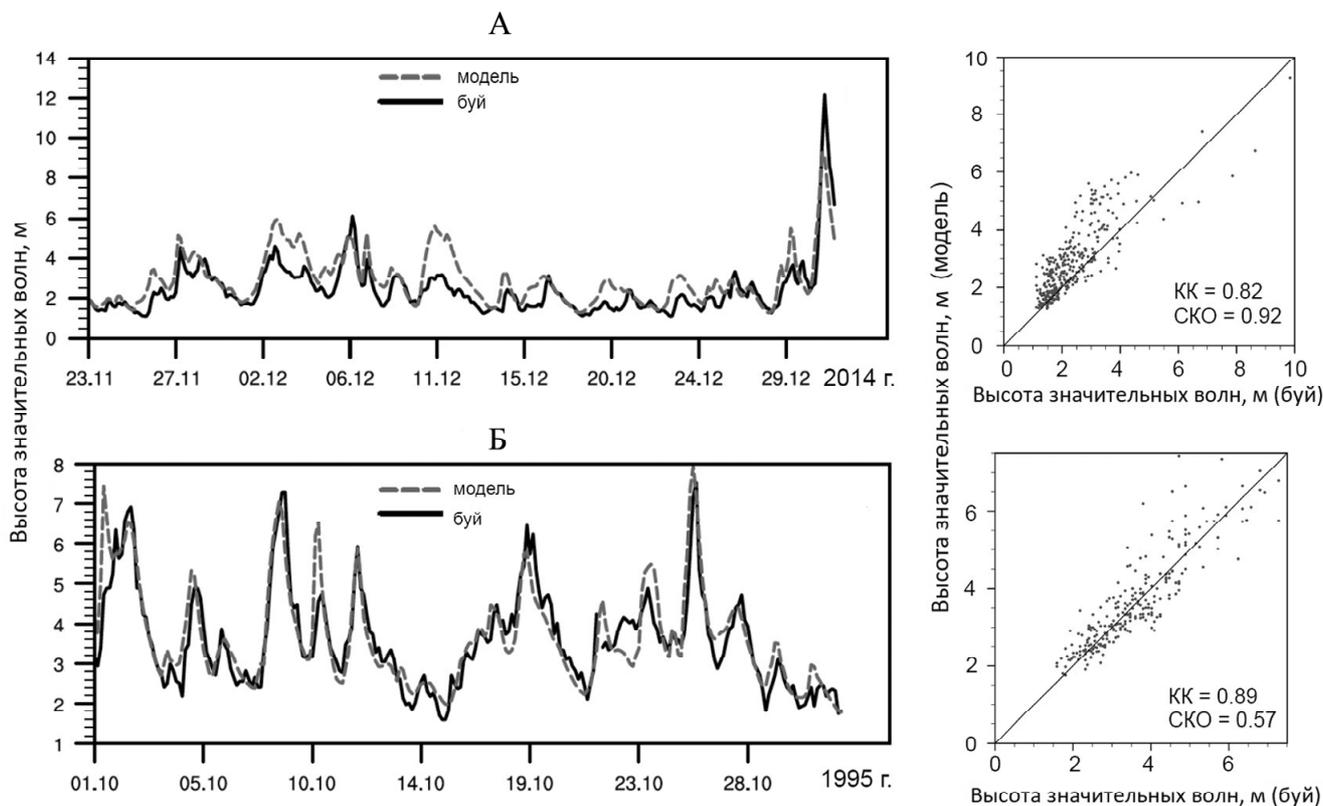


Рис. 2. Сопоставление высоты волн по измерениям на буйах с результатами моделирования: А – буй в Норвежском море, Б – буй у побережья Ирландии

Fig. 2. Comparison between simulated wave heights and buoy measurements (A – Norwegian Sea, Б – near the coast of Ireland)

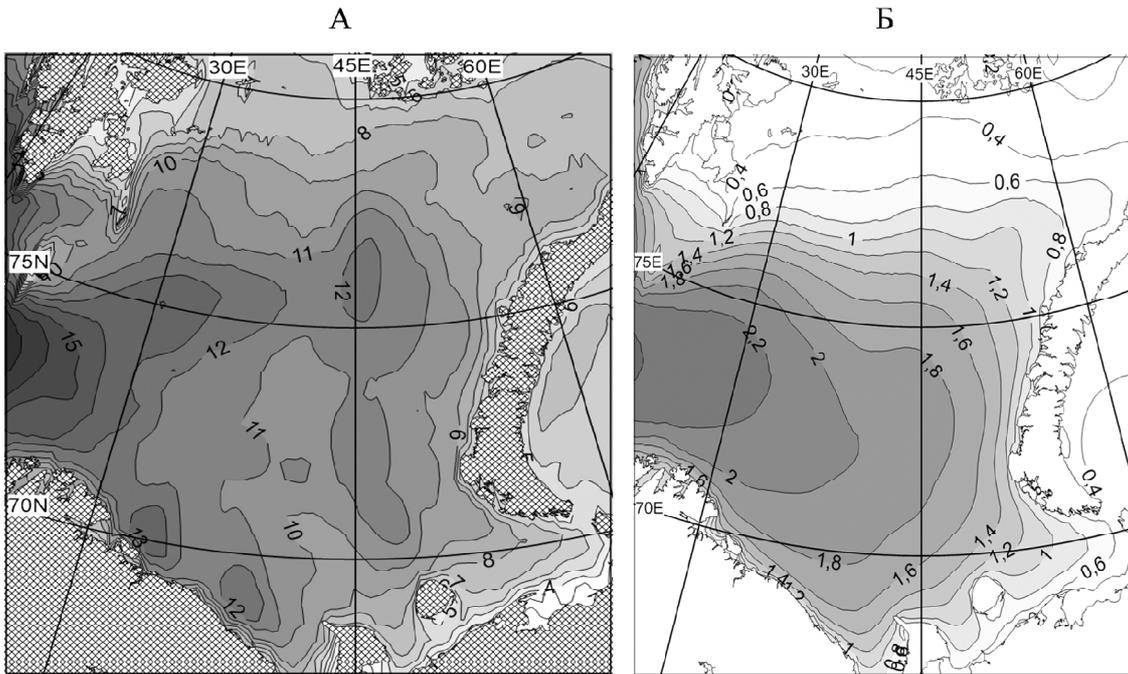


Рис. 3. Максимальная (А) и среднемноголетняя (Б) высота значительных волн в Баренцевом море по данным моделирования за период с 1979 по 2010 гг.

Fig. 3. Maximum (A) and mean (B) significant wave heights in 1979–2010 based on WW3 hindcast

ставлен на рис. 4. Случаи с высотой волн более 4 м наблюдаются в среднем 70–80 раз в год, более 5 м – 40–60 раз в год. Повторяемость случаев с высотой волн более 4 м не имеет выраженных трендов, однако, наблюдается локальный максимум в 2005 г. Для случаев с высотой волн более 6 м максимальные значения повторяемости наблюдаются в 1990, 1991 или 1993 годах. Для штормового волнения с высотой более 6 м весь период был разбит на 3 отрезка, для которых были построены линейные тренды. За период с 1979 по 1991 гг. наблюдалось увеличение повторяемости, с 1991 по 2002 гг. уменьшение, а далее снова небольшое увеличение. В среднем за весь период с 1979 по 2010 гг. тенденций на однозначное увеличение количества случаев штормового волнения не отмечается. В целом межгодовая изменчивость повторяемости штормового волнения очень велика (стандартное отклонение составляет 6 случаев. Например, в 1991 г. зафиксировано 30 случаев с высотой волн более 7 м, а в 2001 г. практически в 3 раза меньше – 11.

Необходимо отметить, что для экстремальных случаев с высотой волн 9–10 м, максимальные значения наблюдаются не в 1990 г. (как и для случаев с высотой волн более 7 и 8 м), а в 1993 г. Это связано с большей повторяемостью экстремальных скоростей ветра в этот год. Г.В. Сурковой с соавт. [Суркова, Крылов, 2016] показано, что значения скорости ветра обеспеченно-

сти 1 и 0,1% в Баренцевом море имеют максимум именно в 1993 г. А для менее экстремальных событий с обеспеченностью 5% максимум приходится на 1990 г.

Основными циркуляционными особенностями атмосферы, влияющими на погодные условия и циклоническую деятельность в Северной Европе, являются Северо-Атлантическое колебание и Арктическое колебание, поэтому прежде всего были проанализированы связи повторяемости случаев штормового волнения с вышеуказанными индексами. Проведенный корреляционный анализ повторя-

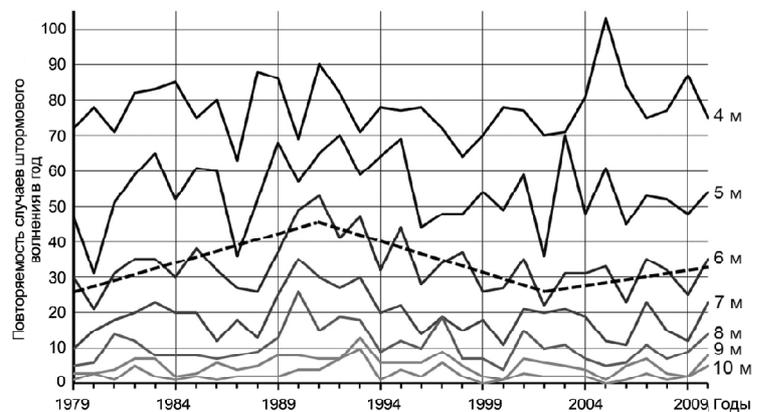


Рис. 4. Межгодовая изменчивость повторяемости штормового волнения с различной высотой волн

Fig. 4. Interannual variability of frequency of storms with different thresholds

емости за год штормового волнения различной высоты волн со среднегодовыми значениями индексов циркуляции показал, что связь выше с индексом Арктического колебания для случаев с высотой волн 7–9 м. Максимальное значение коэффициента корреляции составляет 0,46 и наблюдается для штормового волнения более 7 м. Визуально эту связь можно проследить на рис. 5. Если рассматривать ряд ежемесячных значений повторяемости штормов и индекса Арктического колебания, то максимальный коэффициент корреляции наблюдается при осреднении индекса и повторяемости с декабря по март и составляет 0,6 для штормов более 7 м, и 0,57 для штормов более 8 м.

Повторяемость штормового волнения с высотой волн более 6–7 м скорее всего связана с прохождением циклонов, поэтому на следующем этапе было проведено сравнение ежемесячной повторяемости штормов с повторяемостью циклонов на акватории Баренцева моря. Обнаружено, что для всего ряда ежемесячных данных корреляция общего количества циклонов с повторяемостью случаев штормового волнения разной высоты практически отсутствует. Некоторая связь наблюдается при сравнении повторяемости глубоких циклонов и штормового волнения с высотой волн более 5 м. Максимальный коэффициент корреляции 0,55 наблюдается при сравнении повторяемости глубоких циклонов и повторяемости штормового волнения с высотой волн более 6 м. Если рассматривать ряд ежемесячных значений повторяемости штормового волнения и повторяемости глубоких циклонов, то максимальный коэффициент корреляции так же, как и в случае с арктическим колебанием, наблюдается при осреднении за период с декабря по март и составляет 0,67 для высоты волн более 7 м.

Анализ линейных трендов, приведенных на рис. 3 выполнен для всей акватории Баренцева моря.

Однако представляет интерес также анализ трендов в пространстве, так как в каждой точке исследуемой акватории, вообще говоря, климатические тенденции могут различаться. На рис. 6 представлено распределение трендов повторяемости штормового волнения с высотой волн более 7 м в пространстве за период с 1979 по 1990 гг., когда на акватории Баренцева моря наблюдалось увеличение количества случаев штормового волнения. Также на рис. 6 отражены тренды повторяемости глубоких циклонов по пространству. Количество дней с высотой волн более 7 м увеличивается приблизительно на 1–2 дня за сезон (декабрь–март) в Северной Атлантике в секторе 50–65 с. ш. В Баренцевом море также отмечается рост, однако только на 0,5 случая в год. Повторяемость глубоких циклонов увеличилась с 1979 по 1990 гг. на всей акватории на 2–4 случая за сезон, однако, например, у берегов Норвегии наблюдается отрицательный тренд. Это свидетельствует об изменении траекторий глубоких циклонов. Распределение трендов штормового волнения в пространстве существенно более равномерное, чем у циклонов. Это объясняется тем, что морские волны формируются сначала под воздействием ветра и далее могут распространяться на большие расстояния, даже при отсутствии ветра (или циклона) в виде зыби высотой 5–7 м. Из-за этого также наблюдаются невысокие значения коэффициента корреляции при сопоставлении повторяемости циклонов и штормового волнения для локально выбранной акватории Баренцева моря.

Безусловно, в Арктическом регионе часть случаев штормового волнения вызывается полярными мезомасштабными циклонами [Луценко, Лагун, 2013; Smirnova, Golubkin, 2017]. Однако, определение характеристик циклонов (типа, генезиса, направления, скорости перемещения и др.) и выявление их влияния на развитие штормового волнения в Барен-

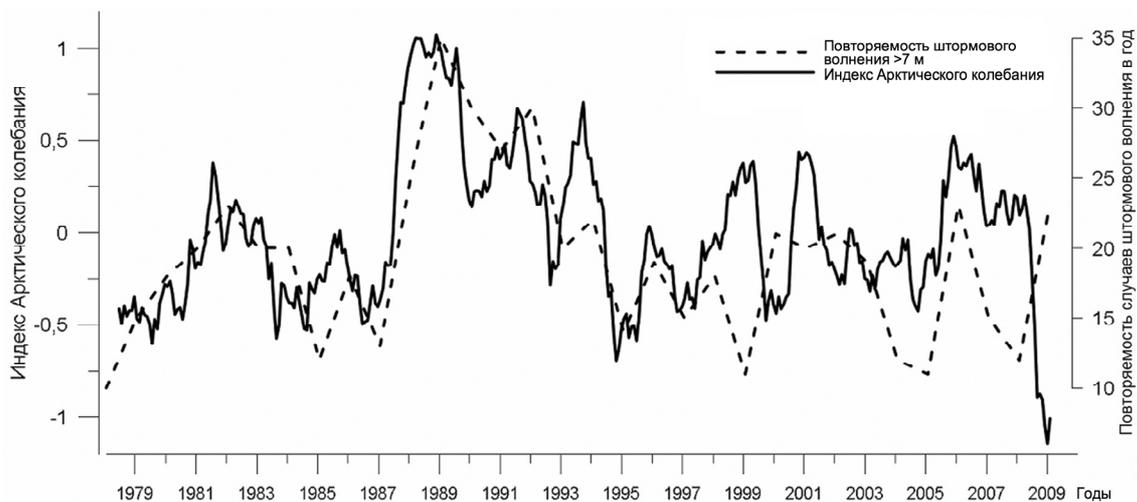


Рис. 5. Повторяемость штормового волнения высотой более 7 м и индекс Арктического колебания (скользящее среднее с окном 13 месяцев)

Fig. 5. Frequency of occurrence of storms with 7 m threshold and values of Arctic Oscillation index (moving average with the window of 13 months)

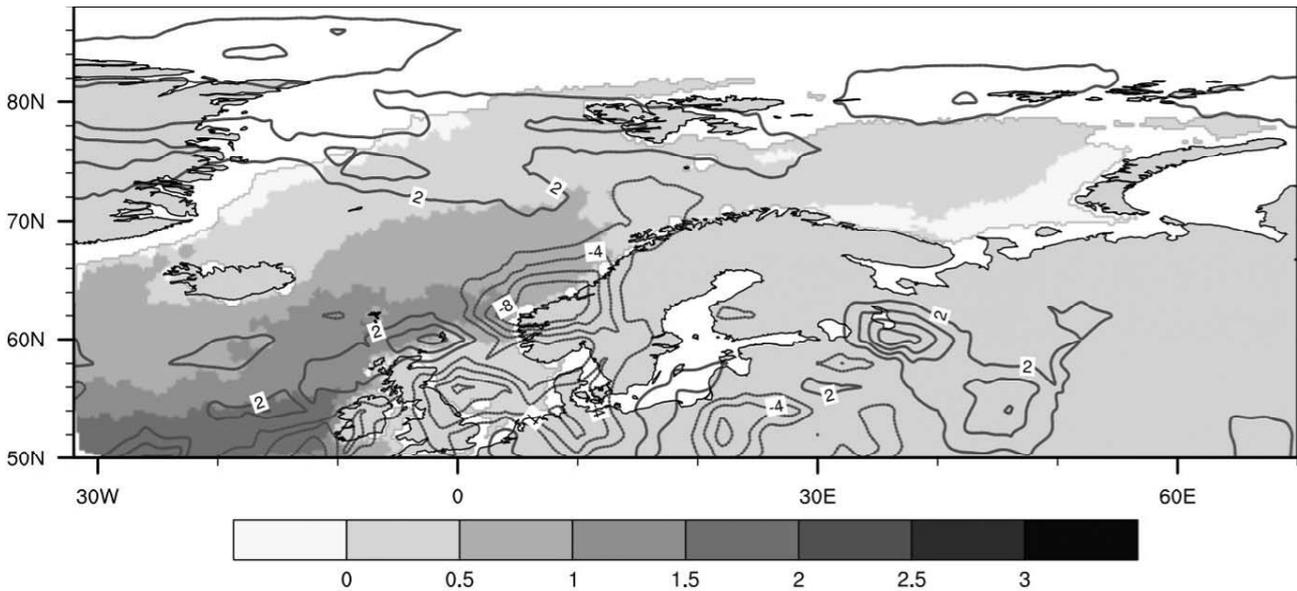


Рис. 6. Распределение по пространству линейных трендов повторяемости глубоких циклонов и штормового волнения за период с 1979 по 1990 гг. Изолинии – частота повторяемости центров глубоких циклонов (количество 6-часовых сроков за период декабрь–март), заливка – количество дней за период декабрь–март с высотой волн более 7 м

Fig. 6. Linear trends of the frequencies of deep cyclones and waves above 7 m during the period 1979–2010. Contour lines show the frequency of deep cyclone centers (number of 6-hour observation terms during December to March) and the shading shows the number of days with wave heights above 7 m threshold during the same period

цевом море является отдельной и весьма трудоемкой задачей, требующей дополнительного исследования.

**Выводы:**

- с помощью волновой модели WAVEWATCH III рассчитаны параметры ветрового волнения на акватории Баренцева моря для периода с 1979 по 2010 гг. Проведен анализ сезонной и межгодовой изменчивости повторяемости случаев штормового волнения в Баренцевом море;

- штормовое волнение с высотой волн более 4 м наблюдается в среднем 70–80 раз в год, более 5 м – 40–60 раз в год. Для случаев с высотой волн более 6 м максимальные значения повторяемости наблюдаются в 1990–1993 гг. Для случаев с высотой волн более 6 м выделяются следующие тренды: с 1979 по 1991 гг. наблюдалось увеличение повторяемости, с 1991 по 2002 гг. – уменьшение, а далее снова небольшое увеличение. В среднем за весь период с 1979 по 2010 гг. тенденций на одно-

значное увеличение количества случаев штормового волнения не отмечается. Межгодовая изменчивость повторяемости штормового волнения очень велика (для разных годов количество случаев может меняться в 2–3 раза);

- при сопоставлении повторяемости штормового волнения и индекса Арктического колебания обнаружено, что максимальный коэффициент корреляции наблюдается при осреднении индекса и повторяемости с декабря по март и составляет 0,6 для случаев с высотой волн более 7 м, и 0,57 если высота более 8 м;

- корреляция общего количества циклонов с повторяемостью случаев штормового волнения практически отсутствует, но связь наблюдается при сравнении повторяемости глубоких циклонов и случаев с высотой волн более 5 м. Максимальный коэффициент корреляции так же, как и в случае с Арктическим колебанием наблюдается при осреднении с декабря по март и составляет 0,67 для высоты волн более 7 м.

**Благодарности.** Моделирование волнения выполнялось М.Ю. Маркиной и Н.Д. Тилининой в рамках Госзадания (№ 0149-2018-0001). Оценки повторяемости случаев штормового волнения сделаны В.С. Архипкиным и С.А. Мысленковым при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-37-00038). Анализ траекторий циклонов осуществлен Н.Д. Тилининой при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 17-77-20112). Оценка качества воспроизведения высоты волн проводилась М.Ю. Маркиной при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 14.W03.31.0006).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, М.: Росгидромет, 2014. 1008 С.
- Дымов В.И., Пасечник Т.А., Лавренов И.В. и др. Сопоставление результатов расчетов по современным моделям ветрового волнения с данными натурных измерений // Метеорология и гидрология. 2004. № 7. С. 87–94.
- Кононова Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX–XXI столетиях и их последствия для климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 133–162.
- Луценко Э.И., Лагун В.Е. Полярные мезомасштабные циклоны в атмосфере над Баренцевым и Карским морями // Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 2(96). С. 76–89.
- Маркина М.Ю., Гавриков А.В. Изменчивость ветрового волнения в северной Атлантике за зимы в период с 1979 по 2010 гг. по данным численного моделирования // Океанология. 2016. Т. 56. № 3. С. 346–352.
- Мастрюков С.И. Имитационное моделирование временных рядов штормов и окон погоды по ветровым условиям // Метеорология и гидрология. 2013. № 4. С. 58–67.
- Мысленков С.А., Архипкин В.С., Колтерманн К.П. Оценка высоты волн зыби в Баренцевом и Белом морях // Вестн. Моск. ун-та, Сер. 5: География. 2015. № 5. С. 59–66.
- Мысленков С.А., Голубкин П.А., Заболотских Е.В. Оценка качества моделирования волнения в Баренцевом море при прохождении зимнего циклона // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2016. № 6. С. 26–32.
- Мысленков С.А., Платонов В.С., Торопов П.А., Шестакова А.А. Моделирование штормового волнения в Баренцевом море // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2015. № 6. С. 65–75.
- Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в океанах и морях. Федер. служба по гидромет. и мониторингу окр. среды (Росгидромет) / Под ред. Е.С. Нестерова. М.: Исслед. группа «Социальные науки». 2013. 295 с.
- Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2003. 213 с.
- Суркова Г.В., Крылов А.А. Синоптические ситуации, способствующие формированию экстремальных значений скорости ветра в Баренцевом море // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2016. № 6. С. 18–25.
- Шалина Е.В. Сокращение ледяного покрова Арктики по данным спутникового пассивного микроволнового зондирования // Современные проблемы изучения Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 328–336.
- Akima H. A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures // J. Assoc. Comput. Mach. 1970. V. 17. P. 589–600.
- Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Coauthors The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system // Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 2011. V. 137. P. 553–597.
- Huth R., Beck C., Philipp A. et al. Classifications of Atmospheric Circulation Patterns Recent Advances and Applications. Trends and Directions in Climate Research // Ann. N.Y. Acad. Sci. 2008. V. 1146. P. 105–152. doi: 10.1196/annals.1446.019
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2013.
- Myslenkov S., Medvedeva A., Arkhipkin V., Markina M., Surkova G., Krylov A., Dobrolyubov S., Zilitinkevich S., Koltermann P. Long-term statistics of storms in the Baltic, Barents and White Seas and their future climate projections // Geography, Environment, Sustainability. 2018. V. 11. № 1. P. 93–112.
- Liu Q., Babanin A., Zieger S., Young I., Guan C. Wind and wave climate in the Arctic Ocean as observed by altimeters // J. Climate. 2016. V. 29(22). P. 7957–7975.
- Reistad M., Breivik O., Haakenstad H. et al. A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea // J. Geophys. Res. 2011. V. 116. C05019.
- Rusu L., Ponce de Leon S., Guedes Soares C. Numerical modelling of the North Atlantic storms affecting the West Iberian coast // Maritime Technology and Engineering – Guedes Soares & Santos. Taylor & Francis Group, London, 2015. ISBN 978-1-138-02727-5
- Saha S. et al. The NCEP climate forecast system reanalysis // Bul. of the American Meteorological Society. 2010. V. 91. № 8. P. 1015–1057.
- Smirnova J., Golubkin P. Comparing polar lows in atmospheric reanalyses: Arctic System Reanalysis versus ERA-Interim // Mon. Weath. Rev. 2017. V. 145. № 6. P. 2375–2383.
- Stopa J., Arduin F., Girard-Arduin F. Wave climate in the Arctic 1992–2014: seasonality and trends // Cryosphere. 2016. V. 10(4). P. 1605–1629.
- Tilinina N., Gulev S., Rudeva I., Koltermann P. Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses // J. Clim. 2013. V. 26. P. 6419–6438.
- Tilinina N., Gulev S.K., Bromwich D. New view of Arctic cyclone activity from the Arctic System reanalysis // Geophys. Res. Lett. 2014. № 43. P. 1766–1772.
- Tolman H.L. User manual and system documentation of WAVEWATCH-III Version 4.18. NOAA/NWS/NCEP/MMAB Technical note. 2014. 282 p.
- Wang X.L., Swail V.R. Changes of Extreme Wave Heights in Northern Hemisphere Oceans and Related Atmospheric Circulation Regimes // J. Climate. 2001. V. 14. P. 2204–2221. doi:10.1175/1520-0442(2001)014<2204:coewhi>2.0.co;2
- Zolina O., Gulev S. Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies // Mon. Wea. Rev. 2002. V. 130. P. 748–759.

Поступила в редакцию 26.01.2018  
 После доработки 15.04.2018  
 Принята к публикации 06.12.2018

S.A. Myslenkov<sup>1</sup>, M.Yu. Markina<sup>2</sup>,  
V.S. Arkhipkin<sup>3</sup>, N.D. Tilinina<sup>4</sup>

### FREQUENCY OF STORMS IN THE BARENTS SEA UNDER MODERN CLIMATE CONDITIONS

Estimates of the frequency of storm waves in the Barents Sea are given. The results were obtained on the basis of data from the simulation of wind waves during 1979 to 2010 using the WAVEWATCH III wave model on the nonstructural grid. Number of episodes with various heights of waves (from 4 to 10 m) is calculated for every month in the Barents Sea. The assessment of inter-annual variability of the frequency of storm waves is carried out.

There is no significant linear trend for the frequency of storm waves in the Barents Sea for 1979–2010 period. Episodes with wave height more than 6 m were more frequent in 1979–1991, less frequent in 1991–2002 and more frequent again after 2003. Maximum number of such waves is during 1990 to 1993. Inter-annual variability of storm waves is very high (for different years the number of storm waves episodes can vary by 2 to 3 times). The coefficient of correlation between the index of the Arctic fluctuation and the frequency of waves more than 7 m high is 0,6. The coefficient of correlation of the number of deep cyclones with the frequency of waves more than 7 m high makes 0,67.

*Key words:* storm intensity, wind waves, wave simulation, WAVEWATCH III

**Acknowledgments.** Modeling of waves was performed by M.Yu. Markina and N.D. Tikinina within the State task (№ 0149-2018-0001). Frequencies of storm waves were estimated by V.A. Arkhipkin and S.A. Myslenkov with financial support from the Russian Science Foundation (project № 14-37-00038). The cyclone trajectories were analyzed by N.D. Tilinina with financial support from the Russian Science Foundation (project № 17-77-20112). The quality of wave height representation was evaluated by M.Yu. Markina with financial support from the RF Ministry of Education and Science (project № 14.W03.31.0006).

#### REFERENCES

- Akima H.* A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures // *J. Assoc. Comput.* 1970. V. 17. P. 589–600.
- Dee D.P. et al.* The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system // *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 2011. V. 137. P. 553–597.
- Dymov V.I., Pasechnik T.A., Lavrenov I.V. i dr.* Sopostavlenie rezul'tatov raschetov po sovremennym modeljam vetrovogo volnenija s dannymi naturnyh izmerenij [Comparison of modern wind-wave model results with field measurements] // *Meteorologija i gidrologija.* 2004. № 7. S. 87–94. (In Russian)
- Huth R., Beck C., Philipp A. et al.* Classifications of Atmospheric Circulation Patterns Recent Advances and Applications. Trends and Directions in Climate Research // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2008. V. 1146. P. 105–152. doi: 10.1196/annals.1446.019
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Eds T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2013.
- Kononova N.K.* Izmenenija cirkuljacii atmosfery severnogo polusharija v XX–XXI stoletijah i ih posledstviya dlja klimata [Changes of atmospheric circulation of the Northern Hemisphere in the 20<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> centuries and their climatic consequences] // *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija.* 2015. № 1. S. 133–162. (In Russian)
- Liu Q., Babanin A., Zieger S., Young I., Guan C.* Wind and wave climate in the Arctic Ocean as observed by altimeters // *J. Climate.* 2016. V. 29(22). P. 7957–7975.
- Lutsenko E.I., Lagun V.E.* Polyarnye mezomashtabnye tsyklony v atmosfere nad Barentsevym i Karskim moryami [Polar mesoscale cyclones in the atmosphere over the Barents and Kara seas] // *Problemy Arktiki i Antarktiki.* 2013. № 2(96). P. 76–89. (In Russian)
- Markina M.Ju., Gavrikov A.V.* Izmenchivost' vetrovogo volnenija v severnoj Atlantike za zimy v period s 1979 po 2010 gg. po dannym chislenogo modelirovanija [Wave climate variability in the North Atlantic during winter periods of 1979 to 2010 by the data of numerical modeling] // *Okeanologija.* 2016. T. 56. № 3. S. 346–352. (In Russian)
- Mastrjukov S.I.* Imitacionnoe modelirovanie vremennyh rjadov shtormov i okon pogody po vetrovym uslovijam [Simulation of time series of storms and weather windows basing on wind conditions data] // *Meteorologija i gidrologija.* 2013. № 4. S. 58–67. (In Russian)
- Myslenkov S., Medvedeva A., Arkhipkin V., Markina M., Surkova G., Krylov A., Dobrolyubov S., Zilitinkevich S., Koltermann P.* Long-term statistics of storms in the Baltic,

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Senior Research Scientist; P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS; Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation, PhD. in Physics and Mathematics; e-mail: stasocean@gmail.com

<sup>2</sup> P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, trainee researcher; Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, post-graduate student; e-mail: markina@sail.msk.ru

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: victor.arkhipkin@gmail.com

<sup>4</sup> P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Research Scientist, PhD. in Physics and Mathematics; e-mail: tilinina@sail.msk.ru

Barents and White Seas and their future climate projections // *Geography, Environment, Sustainability*. 2018. V. 11. № 1. P. 93–112.

*Myslenkov S.A., Golubkin P.A., Zabolotskih E.V.* Ocenka kachestva modelirovaniya volneniya v Barentsevom more pri prohozhdenii zimnego ciklona [Evaluation of the quality of wave modeling under winter cyclone conditions for the Barents Sea] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografija*. 2016. № 6. S. 26–32 (In Russian)

*Myslenkov S.A., Arkhipkin V.S., Koltermann P.K.* Ocenka vysoty voln zhybi v Barentsevom i Belom morjah [Estimation of the heights of swell in the White and Barents seas] // *Vestnik Mosk. uni. Ser. 5. Geografija*. 2015. № 5. S. 59–66. (In Russian)

*Myslenkov S.A., Platonov V.S., Toropov P.A., Shestakova A.A.* Modelirovanie shtormovogo volneniya v Barentsevom more [Simulation of storm waves in the Barents Sea] // *Vestnik Mosk. uni. Ser. 5. Geografija*. 2015. № 6. S. 65–75. (In Russian)

*Reistad M., Breivik O., Haakenstad H. et al.* A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea // *J. Geophys. Res.* 2011. V. 116. C05019.

Rezhim, diagnoz i prognoz vetrovogo volneniya v okeanah i morjah: Nauch.-metod. posobie [Climate, analysis and forecast of wind waves in the oceans and seas] / Pod red. E.S. Nesterova. M. : Issled. gruppya «Social'nye nauki», 2013. 295 s. (In Russian)

*Rusu L., Ponce de Leon S., Guedes Soares C.* Numerical modelling of the North Atlantic storms affecting the West Iberian coast // *Maritime Technology and Engineering – Guedes Soares & Santos*. Taylor & Francis Group, London, 2015. ISBN 978-1-138-02727-5

*Saha S. et al.* The NCEP climate forecast system reanalysis // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2010. V. 91. № 8. P. 1015–1057.

*Shalina E.V.* Sokrashhenie ledjanogo pokrova Arktiki po dannym sputnikovogo passivnogo mikrovolnovogo zondirovaniya [Arctic sea ice retreat by the data of satellite passive microwave observations] // *Sovremennye problemy izuchenija Zemli iz kosmosa*. 2013. T. 10. № 1. S. 328–336. (In Russian)

*Smirnova J., Golubkin P.* Comparing polar lows in atmospheric reanalyses: Arctic System Reanalysis versus ERA-Interim // *Mon. Weath. Rev.* 2017. V. 145. № 6. P. 2375–2383.

Spravochnye dannye po rezhimu vetra i volneniya Barentseva, Ohotskogo i Kaspijskogo morej [Reference data of wind and waves regime in the Barents, Okhotsk and Caspian seas]. SPb.: Rossijskij morskoy registr sudohodstva, 2003. 213 s. (In Russian)

*Stopa J., Ardhuin F., Girard-Ardhuin F.* Wave climate in the Arctic 1992–2014: seasonality and trends // *Cryosphere*. 2016. V. 10(4). P. 1605–1629.

*Surkova G.V., Krylov A.A.* Sinopticheskie situacii, sposobstvujushhie formirovaniyu jekstremal'nyh znachenij skorosti vetra v Barentsevom more [Synoptic situations favoring the extreme wind velocities in the Barents Sea] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografija*. 2016. № 6. S. 18–25. (In Russian)

*Tilinina N., Gulev S.K., Bromwich D.* New view of Arctic cyclone activity from the Arctic System reanalysis // *Geophys. Res. Lett.* 2014. № 43. P. 1766–1772.

*Tilinina N., Gulev S.K., Rudeva I., Koltermann P.* Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses // *J. Clim.* 2013. V. 26. P. 6419–6438.

*Tolman H.L.* User manual and system documentation of WAVEWATCH-III Version 4.18. NOAA/NWS/NCEP/MMAB // *Technical note*. 2014. 282 p.

Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii [Second assessment report of Rosgidromet about the climate change and its consequences for the territory of the Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2014. P. 1008. (In Russian)

*Wang X.L., Swail V.R.* Changes of Extreme Wave Heights in Northern Hemisphere Oceans and Related Atmospheric Circulation Regimes // *J. Climate*. 2001. V. 14. P. 2204–2221. doi:10.1175/1520-0442(2001)014<2204:coewhi>2.0.co;2

*Zolina O., Gulev S.K.* Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies // *Mon. Wea. Rev.* 2002. V. 130. P. 748–759.

Received 26.01.2018

Revised 15.04. 2018

Accepted 06.12.2018

УДК 551.509.328

Е.С. Андреева<sup>1</sup>, Е.О. Лазарева<sup>2</sup>, И.Н. Липовицкая<sup>3</sup>

## ПРОГНОЗ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Рассмотрено влияние метеорологических характеристик и характерных групп синоптических процессов на формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга. Сформированы массивы данных приземных метеорологических характеристик, радиозондирования атмосферы, синоптических ситуаций и уровня загрязнения атмосферного воздуха за период с 2006 по 2014 гг. По результатам исследования разработаны схемы по методу «дерево принятия решения» для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха города.

*Ключевые слова:* синоптический процесс, концентрация антропогенных примесей, приземные метеорологические характеристики, оправдываемость прогнозов, синоптико-статистический метод прогноза, вероятностно-статистические модели

**Введение.** В современном мире геоэкологические проблемы мегаполисов приобретают первостепенное значение, при этом к числу приоритетных относят проблему загрязнения атмосферного воздуха [Morrison, 2002].

История исследований данного направления насчитывает около 60 лет. В этот период решены ряд теоретических и практических задач [Boettger, 1961; Берлянд, 1975; Безуглая, 1983; Сонькин, 1991].

Установлено, что на уровень загрязнения атмосферного воздуха существенное влияние оказывают синоптические ситуации и характерные для них метеорологические условия.

Так, повышенному уровню концентраций примесей в городском воздухе способствуют следующие синоптические ситуации: малоградиентное барическое поле, антициклоническая кривизна изобар, теплая воздушная масса, адвекция тепла в тропосфере. Циклоническая ситуация, ложбина циклона, прохождение холодного фронта, сопровождающиеся усилением ветра и осадками, в свою очередь, способствуют формированию «сравнительно чистого» атмосферного воздуха [Сонькин, 1991]. Указанные выше факты, а также иные обстоятельства были положены в основу принятых и действующих в России методов прогноза загрязнения атмосферного воздуха, изложенных в «Руководстве по прогнозу загрязнения воздуха» РД 52.04.306-92 [Руководящий документ, 1993]. Предлагаемый нами метод прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха, разработанный на основе метода «дерева принятия решений», учитывает синоптико-статистический метод и известные математические модели. Метод показал достаточно высокую оправдываемость 70–90% для г. Санкт-Петербург [Hunt, 1966; Левин, 2006].

Климат Санкт-Петербурга, как известно, носит преимущественно морской характер. Сезонно вы-

деляют весенне-летний и осенне-зимний периоды года, при этом для города характерен быстрый переход от осенне-зимних процессов к весенне-летним. В целом, осенне-зимний период характеризует активная циклоническая деятельность, сопровождающаяся увеличением проходящих через город атмосферных фронтов. В весенне-летний период количество и интенсивность циклонов уменьшается, а скорость их перемещения возрастает. В то же время возрастает повторяемость антициклонов и малоградиентных барических полей с высоким фоном давления. Отмечаемая рядом исследователей некоторая неустойчивость погодно-климатических условий города в последнее время выявила необходимость разработки нетривиальных методов прогноза уровня загрязнения воздуха, что и обусловило обсуждаемое в данной работе построение схем для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург по методу «дерева принятия решения».

Для достижения указанной выше цели были поставлены следующие задачи:

- сформировать базы исходных данных для статистического и физического анализов;
- определить повторяемость характерных групп синоптических процессов с учетом погодных условий последнего десятилетия;
- провести комплекс расчетов и разработать схемы для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха по методу «дерева принятия решения».

**Материалы и методы исследования.** Для достижения цели исследования изучены и обработаны срочные данные метеорологических наблюдений, выполненных на станции 26 063 (в пределах г. Санкт-Петербург), за период с 2006 по 2014 гг. [Архив погоды, <http://gp5.ru>].

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», инженерно-строительный факультет, кафедра пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях, докт. геогр. н., доцент; e-mail: esameteo@mail.ru

<sup>2</sup> Гражданский служащий, канд. геогр. н.; e-mail: milyutina.e.o@yandex.ru

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский институт гуманитарного образования, проректор по развитию, канд. геогр. н.; e-mail: lipovitskaya@mail.ru

В рамках исследования рассмотрены данные по вертикальному профилю атмосферы, полученные путем радиозондирования атмосферы Санкт-Петербурга (00:00 и 12:00 UTC) на станции Воейково.

Авторами выполнен визуальный анализ архивного материала приземных карт погоды над Европой из базы данных [Карты погоды, Meteoweb.ru]. Исследовался период с 2006 по 2014 гг. (3279 карт) ежесуточно за срок 00:00 UTC (Всемирного скоординированного времени). В ходе анализа посуточно охарактеризована синоптическая обстановка в исследуемом районе; указана периферия барической системы, которая определяет погодные условия в районе г. Санкт-Петербург. Для выделения характерных групп синоптических процессов последнего десятилетия учтено географическое происхождение барических образований; прослежены и изучены траектории их движения, что является, в рамках данного исследования, критерием выделения характерных групп синоптических процессов.

Изучены данные наблюдений за состоянием атмосферного воздуха Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС») за период времени с 2006 по 2014 гг. Наблюдения осуществлялись на 10 стационарных постах службы, расположенных в восьми административных районах города, 4 раза в сутки (01:00, 07:00, 13:00, 19:00), где определены общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных постах ( $n$ ) и количество наблюдений в течение этого же дня с концентрациями ( $q$ ), которые превышают среднесезонное значение  $q_{cp}$  более чем в 1,5 раза ( $q > 1,5q_{cp}$ ) ( $m$ ) по двум примесям (оксиду углерода, диоксиду азота – продуктам неполного сгорания топлива в двигателях автотранспортных средств, которые вносят наибольший вклад в выбросы загрязняющих веществ города – 86% в 2014 г. [Ежегодник, 2015; Серебрицкий, 2015]). Приведенные данные позволили вычислить фактическое значение интегрального показателя загрязнения воздуха в городе совокупностью примесей – параметра  $P$  (формула 1) [Руководящий документ, 1993].

$$P = m/n, \quad (1)$$

где  $P$  – интегральный показатель – параметр  $P$ ;  $n$  – общее количество наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных постах;  $m$  – количество наблюдений в течение этого же дня с концентрациями ( $q$ ), которые превышают среднесезонное значение  $q_{cp}$  более чем в 1,5 раза ( $q > 1,5q_{cp}$ ).

При использовании параметра  $P$ , согласно РД 52.04.306-92, рассматривались 3 группы загрязнения воздуха:  $P > 0,35$  – относительно высокое (первая группа (I)),  $0,35 \geq P > 0,20$  – повышенное (вторая группа (II)),  $P \leq 0,20$  – пониженное (третья группа (III)) [Лазарева с соавт., 2015].

С целью детальной оценки вклада характерных синоптических процессов, сопровождающихся

комплексом метеорологических условий в формировании уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург на примере двух рассматриваемых в работе примесей (оксида углерода и диоксида азота) сформированы массивы данных для холодного (с ноября по март месяцы (1050 дней)) и теплого (с апреля по октябрь месяцы (1587 дней)) периодов года. Изучение особенностей помесечных значений температуры воздуха и радиационного баланса за период времени с 2006 по 2014 гг. позволило отнести такие переходные месяцы (апрель и октябрь) к теплому сезону. При этом отдельно рассматривались дневные (09:00–21:00) и ночные (21:00–09:00) случаи и рассматривались 3 группы загрязнения по параметру  $P$ .

Массивы сформированных данных анализировались по следующей схеме: оценка суточного хода загрязнения; оценка вклада синоптического процесса в формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха для двух рассматриваемых антропогенных примесей; оценка вероятности загрязнения при выделенных характерных группах синоптических процессов; регрессионный анализ; расчет коэффициентов взаимной сопряженности и уровня загрязнения воздуха и синоптических процессов [Лазарева, 2016].

Для оценки связи синоптического процесса и уровня загрязнения воздуха использован коэффициент взаимной сопряженности Пирсона–Чупрова (формулы 2–4) [Айвазян, 1997; Шмойлова, 2003], поскольку исследование выполнялось для выявления взаимосвязи атрибутивных (качественных) признаков при небольшом числе наблюдений в рамках очевидной стохастичности изучаемых явлений.

Так, проверка статистической гипотезы о виде распределения выполнена при помощи критерия согласия –  $\chi$  (формула 5) [Лазарева, 2016].

$$Kn = \sqrt{\frac{\varphi^2}{1 + \varphi^2}}, \quad (2)$$

$$Kч = \sqrt{\frac{\varphi^2}{\sqrt{(k_1 - 1) \times (k_2 - 1)}}}, \quad (3)$$

где  $Kn$  – коэффициент Пирсона;  $Kч$  – коэффициент Чупрова;  $\varphi^2$  – коэффициент взаимной сопряженности;  $k_1$  – число групп загрязнений;  $k_2$  – число групп синоптических ситуаций.

$$1 + \varphi^2 = \sum \frac{f_{xy}^2}{f_x} = \sum \frac{f_{xy}^2}{f_y}, \quad (4)$$

$$\chi^2 = f \left\{ \sum_{xy} \frac{f_{xy}^2}{f_x \times f_y} - 1 \right\}, \quad (5)$$

где  $\varphi^2$  – показатель взаимной сопряженности;  $\chi^2$  – критерий согласия;  $f$  – количество случаев по выборке для каждой группы;  $x$  – число случаев отдельных групп загрязнения;  $y$  – число случаев групп кон-

кретных синоптических ситуаций;  $f_x$  – суммарное количество случаев отдельных групп загрязнения;  $f_y$  – суммарное количество случаев конкретных синоптических ситуаций;  $f_{xy}$  – суммарное количество случаев в отношении групп загрязнения и групп синоптических ситуаций.

**Результаты и обсуждение.** В ходе исследования были выделены следующие синоптические процессы г. Санкт-Петербург за период с 2006 по 2014 гг: атлантический циклон, «ныряющий» циклон, южный циклон, арктический антициклон, отрог Сибирского антициклона, отрог Азорского антициклона. При этом выполнен анализ для холодного и теплого периодов года, что позволило уточнить повторяемость синоптических процессов для полугодий (табл. 1).

Для оценки тесноты связи синоптического процесса и уровня загрязнения воздуха на примере двух обсуждаемых в работе антропогенных примесей построены таблицы сопряженности, на основе которых выполнен расчет коэффициентов Пирсона и Чупрова для ночных, дневных часов и за сутки. При оценке значимости по критерию  $\chi^2$  (для всех рассматриваемых случаев  $\chi^2 > \chi^2_{кр}$ ), выявлены статистически значимые различия, что позволяет отметить наличие существенной связи между синоптическими процессами и загрязнением атмосферного воздуха, несмотря на малую величину коэффициентов Пирсона–Чупрова (табл. 2).

В результате пошагового регрессионного анализа (методом включения) для ночных часов отмечено значимое влияние предикторов в 39% (для холодного периода) и 38% (для теплого периода); и почти вдвое больше для дневных часов – значимое влияние предикторов 64% (для холодного периода) и 67% (для теплого периода), которые представля-

ют инерционный фактор, что говорит о ведущей роли инерционного фактора при прогнозировании уровня загрязнения атмосферного воздуха для оксида углерода и диоксида азота.

В ходе исследования установлена зависимость формирования уровня загрязнения атмосферного воздуха от синоптического процесса и инерционного фактора, что позволило сформировать схемы прогноза уровня загрязнения воздуха в отношении двух рассматриваемых примесей в виде «дерева принятия решения» экспертным путем.

Предлагаемый метод отражает инерционную составляющую загрязнения атмосферного воздуха, а также синоптических процессов. Для определения ожидаемой группы (градации) загрязнения воздуха по параметру  $P$  достаточно владеть следующим объемом информации: прогнозируемый синоптический процесс (с заблаговременностью в 1 сутки), который можно взять, например, из прогноза Гидрометцентра; текущее значение параметра  $P$  и текущий синоптический процесс (относительно определяемого значения это – предыдущий срок).

Фактически разработанный метод представлен в наглядном виде на схеме (рис. 1, А и Б), которая иллюстрирует представленные выше формулы (4) и (5). Так, на первой схеме (рис. 1, А) дано наглядное представление о работе метода в отношении дневных часов холодного периода года, при этом поэтапному совместному анализу подвергаются группы синоптических процессов и возникающие при этом группы загрязнений по параметру  $P$ , взятому для предыдущего срока. Вторая схема (рис. 1, Б) дает представление о возможностях прогнозирования уровня загрязнения воздуха в отношении ночных часов теплого периода. Очевидно, что выбор

Таблица 1

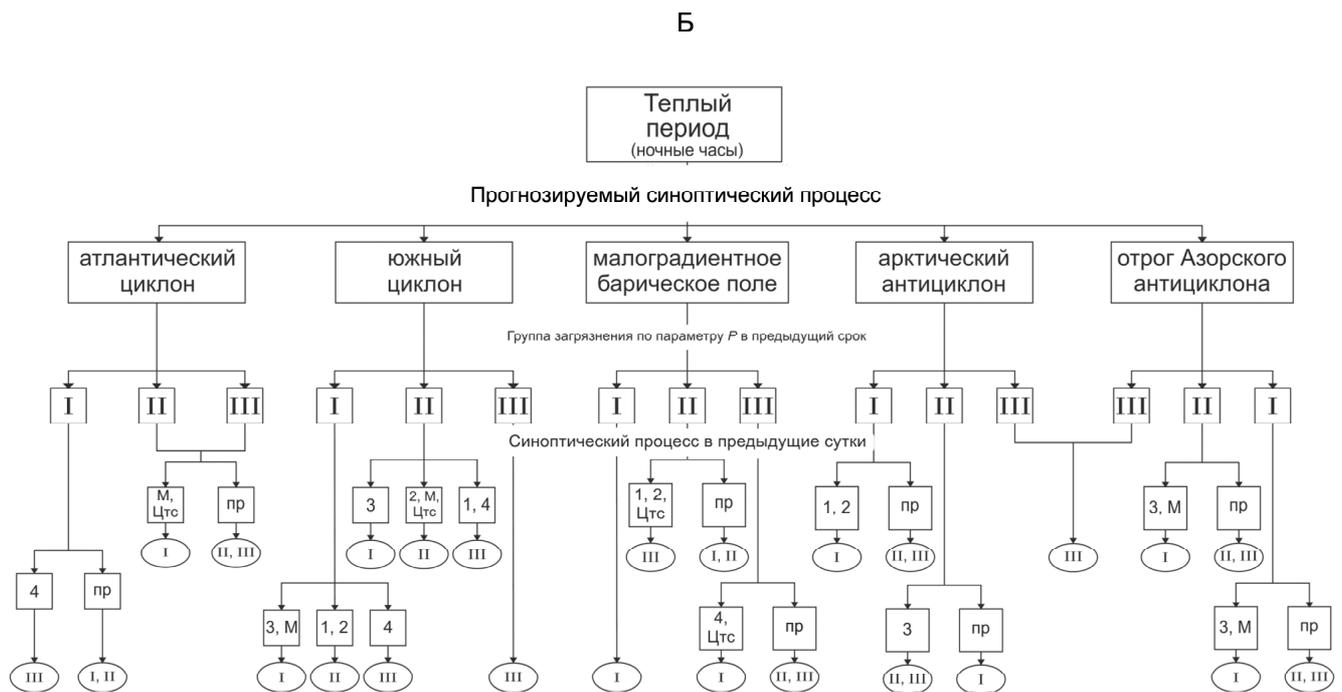
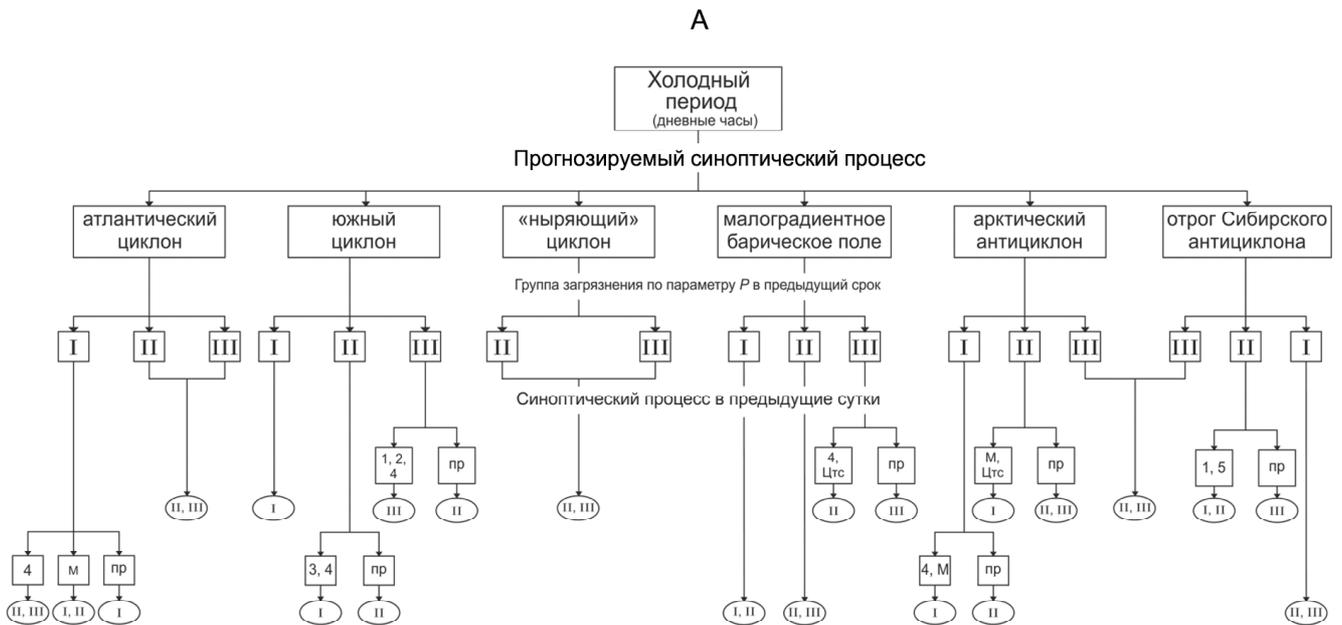
**Повторяемость характерных групп синоптических процессов для холодного и теплого периодов года (2006–2014 гг.) [Лазарева, 2016]**

Тип синоптической ситуации	Повторяемость, %	
	для холодного периода	для теплого периода
Атлантический циклон	48	43
«Ныряющий» циклон	8	–
Южный циклон	9	18
Арктический антициклон	21	14
Отрог Сибирского антициклона	14	–
Отрог Азорского антициклона	–	25

Таблица 2

**Оценка сопряженности синоптических процессов и уровней загрязнения атмосферного воздуха на основе коэффициентов Пирсона (Кп) и Чупрова (Кч) для г. Санкт-Петербург за холодный и теплый периоды с 2006 по 2014 гг. [Лазарева, 2016]**

Коэффициент	Время суток					
	холодный период			теплый период		
	день	ночь	сутки	день	ночь	сутки
Кп	0,21	0,26	0,24	0,19	0,24	0,22
Кч	0,12	0,15	0,13	0,12	0,15	0,13
$\chi^2$	38,1	61,2	49,9	45,8	76,7	60,5
$\chi^2_{кр} (\alpha=0,05)$	18,3			15,5		



- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Атлантический циклон            | Цтс – Теплый сектор Циклона |
| 2 – Южный циклон                    | пр – Прочие                 |
| 3 – Арктический антициклон          | I – $P \leq 0,20$           |
| 4 – Отрог Азорского антициклона     | II – $0,20 < P \leq 0,35$   |
| M – Малоградиентное барическое поле | III – $P > 0,35$            |

Схема «дерево принятия решения» определения ожидаемого уровня загрязнения воздуха для: А – дневных часов холодного периода, Б – для ночных часов теплого периода в г. Санкт-Петербург

Scheme of the «tree of decision» method to determine the expected level of air pollution for: А – daytime cold period, Б – nighttime warm period for St. Petersburg

временных интервалов для иллюстрирования этапов работы разработанного метода (ночные часы теплого и дневные часы холодного периодов года) объясняется наиболее неблагоприятными в эти моменты условиями для рассеивания примесей, содержащихся в воздухе города, по многолетним данным, предоставленным Федеральным государственным бюджетным учреждением «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС»).

Таким образом, в рамках проделанного исследования были разработаны 4 схемы для определения ожидаемой группы загрязнения воздуха в виде «дерева принятия решения» для дневных часов холодного и ночных часов теплого периодов года.

Например, для определения ожидаемой группы загрязнения на первом шаге необходимо выбрать в «дереве» прогнозируемый синоптический процесс, на втором шаге – определить группу загрязнения воздуха на текущий момент, на третьем – текущий синоптический процесс (если это необходимо), что позволяет четвертым шагом определить прогнозируемую группу загрязнения воздуха.

Оправдываемость прогностического определения ожидаемой группы загрязнения атмосферного воздуха по Санкт-Петербургу была рассчитана на зависимом материале и составила для холодного периода года 90 (ночные часы) и 91% (дневные часы); для теплого периода года 84 (ночные часы) и 87% (дневные часы), что говорит о более эффективном прогнозе уровня загрязнения атмосферного воздуха по предлагаемым схемам в холодный период года.

Так как способ прогноза уровня загрязнения атмосферного воздуха в виде «дерева принятия решения» является принципиально новым, сравнить оправдываемость прогноза с существующими в настоящее время методами не представляется возможным. Однако следует отметить достоинства предлагаемого способа: простота и доступность исходных данных, что позволяет минимизировать трудозатраты, сохранив при этом оправдываемость на достаточно высоком уровне.

**Выводы:**

- сформированы архивы исходных данных стандартных метеорологических, данных радиозондирования атмосферы, синоптических положений и уровня загрязнения атмосферного воздуха за период с 2006 по 2014 гг., необходимых для определения ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха в г. Санкт-Петербург;

- уточнены характерные группы синоптических процессов Санкт-Петербурга за период с 2006 по 2014 гг. Повторяемость их над исследуемым районом для холодного периода составляет для атлантического циклона 48%, для южного циклона 9%, для «ныряющего» циклона 8%, для арктического антициклона 21%, отрога Сибирского антициклона – 15%. Для теплого периода: для атлантического циклона – 43%, южного циклона – 18%, арктического антициклона 14%, отрога Азорского антициклона – 25%;

- разработанные схемы по методу «дерева принятия решения» позволили определить ожидаемый уровень загрязнения атмосферного воздуха для теплого и холодного периодов года, дневных и ночных часов, с заблаговременностью в 12 часов, с оправдываемостью 84–91%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1997. 240 с.

Архив погоды в Санкт-Петербурге / rp5.ru расписание погоды [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Санкт-Петербурге](http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербурге).

Безуглая Э.Ю. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 328 с.

Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 448 с.

Карты погоды. Meteoweb.ru [Электронный ресурс]. Интернет журнал Meteoweb.ru. М., 2015. Режим доступа: <http://meteoweb.ru/>

Лазарева Е.О. Загрязнение атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург при различных синоптических ситуациях. Автореф. дис. ... канд. геогр. н. СПб., 2016.

Лазарева Е.О. Схема уточнения к модели прогнозирования рассеивания антропогенных примесей атмосферного воздуха для г. Санкт-Петербург // Естественные и технические науки. М.: Спутник+, 2016. № 3. С. 104–108.

Лазарева Е.О., Попова Е.С., Липовицкая И.Н. Влияние температурных инверсий на концентрацию примесей в приземном слое воздуха над Санкт-Петербургом в 2006–2014 гг. // Уч. зап. РГМУ. 2015. № 41. С. 149–155.

Левин А.В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. М.: Вильямс, 2006. 576 с.

Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в 2014 г. Обзор / Под ред. И.А. Серебрицкого. СПб., 2015. 404 с.

Руководящий документ РД 52.04.306-92. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. СПб: Гидрометеоздат, 1993.

Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 223 с.

Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности ФГБУ «Северо-Западное УГМС» за 2014 г. Ежегодник / Под ред. А.А. Луковской. ФГБУ «Северо-Западное УГМС». СПб, 2015. 165 с.

Теория статистики. Учебник / Под ред. Р.А. Шмойловой. М.: Финансы и статистика, 2003. 656 с.

Morrison J. Sustainable development. UK: Profile Books, 2002. 370 p.

Hunt E.B., Marin J., Stone P.J. Experiments in Induction. UK: Oxford, 1966. 176 p.

Boettger C.M. Air-pollution potential East of the Rocky Mountains – Fall 1959 // Bul. Amer. Met. Soc. 1961. V. 42. P. 615–620.

Поступила в редакцию 31.05.2017  
 После доработки 15.11.2018  
 Принята к публикации 06.12.2018

E.S. Andreeva<sup>1</sup>, E.O. Lazareva<sup>2</sup>, I.N. Lipovitskaya<sup>3</sup>

**THE FORECAST OF AIR POLLUTION LEVELS  
IN ST. PETERSBURG USING A DECISION-MAKING ALGORITHM**

The influence of meteorological parameters and characteristic groups of synoptic situations on the level of air pollution in St. Petersburg is discussed. Data sets of surface meteorological parameters, radio sounding of the atmosphere, synoptic situations and levels of air pollution during 2006 to 2014 are generated. The research results allow the development of schemes to determine the expected level of air pollution in the city using the «tree of decision» method.

*Key words:* synoptic process, concentration of anthropogenic atmospheric contaminants, surface meteorological parameters, accuracy of forecasts, synoptic-statistical method of forecasting, probabilistic-statistical models

## REFERENCES

- Arkhiv pogody v Sankt-Peterburge [Weather archive in Saint-Petersburg] / rp5.ru the schedule of the weather [Electronic resource] – access mode: [http://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Санкт-Петербург](http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Санкт-Петербург) (In Russian)
- Ayvazyan S.A., Bezchayaeva Z.I., Staroverov O.V. Proklyanaya statistika. Osnovy modelirovaniya i pervichnaya obrabotka dannyh [Applied statistics. Basics of modeling and primary data processing]. M.: Finance and Statistics, 1997. 240 p. (In Russian)
- Berlyand M.E. Sovremennyye problemy atmosfernoj diffuzii i zagryazneniya atmosfery [Actual problems of atmospheric diffusion and pollution of the atmosphere]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 448 p. (In Russian)
- Bezuglaya E. Yu. Klimaticheskie harakteristiki uslovij rasprostraneniya primesej v atmosphere [Climatic characteristics of distribution of pollutants in the atmosphere]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 328 p. (In Russian)
- Boettger C.M. Air-pollution potential East of the Rocky Mountains – Fall 1959// *Bul. Amer. Met. Soc.* 1961. V. 42. P. 615–620.
- Hunt E.B., Marin J., Stone P.J. Experiments in Induction. UK, Oxford, 1966. 176 p.
- Karty pogody [Weather maps]. Meteoweb.ru [Electronic resource] / Internet magazine Meteoweb.ru. M., 2015. access mode: <http://meteoweb.ru/> (In Russian)
- Lazareva E. O. Shema utochneniya k modeli prognosirovaniya rasseivaniya antropogennih primesej atmosfernogo vozduha dlya g. Sankt-Peterburg [Scheme refinement to the model of predicting the dispersion of anthropogenic pollutants of atmospheric air in St. Petersburg] // *Natural and technical Sciences. Moscow: Sputnik+*, 2016. № 3. P. 104–108. (In Russian)
- Lazareva E.O. Zagryaznenie atmosfernogo vozdukhа g. Sankt-Peterburg pri razlichnyh sinopticheskikh situatsiyah [Pollution of atmospheric air in St. Petersburg under different synoptic situations] // Avtoref. dis ... candidate of geographical sciences. St. Petersburg, 2016. (In Russian)
- Lazareva E.A., Popova E.S., Lipovitskaya I.N. Vliyanie temperaturnyh inversij na kontsentratsiyu primesej v prizemnom sloe vozduha nad Sankt-Peterburgom v 2006–2014 gg. [The influence of temperature inversions on the concentration of contaminants in the surface layer of atmosphere in St. Petersburg during the period of 2006–2014] // *Scientific notes of RSHU.* 2015. № 41. P. 149–155. (In Russian)
- Levin A.V. Algoritmy. Vvedenie v razrabotku i analiz [Algorithms. Introduction to elaboration and analysis]. M.: Williams, 2006. 576 p. (In Russian)
- Morrison J. Sustainable development. UK, Profile Books, 2002. 370 p.
- Ohrana okruzhayushhej sredy, prirodopolzovanie i obespechenie ekologicheskoy besopasnosti v 2014 godu [Environmental protection, nature management and ensuring environmental safety in 2014]. Review / Ed.: I.A. Serebriksy. SPb., 2015. 404 p. (In Russian)
- Rukovodstvo po prognozu zagryazneniya vozduha [Guide to forecast of air pollution]. Rukovodyashchiy document RD 52.04.306-92.SPb.: Gidrometeoizdat, 1993. (In Russian)
- Sonkin L.R. Sinoptiko-statisticheskij analiz i kratkosrochnyy prognoz zagryazneniya atmosfery [Synoptic-statistical analysis and short-term forecast of pollution of the atmosphere]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 223 p. (In Russian)
- Sostoyanie zagryazneniya atmosfernogo vozduha gorodov na territorii deyatelnosti FGBU «Severo-Zapadnoe UGMS» za 2014 g. Ezhegodnik [2014 state of air pollution in cities within the area of the FSBI «Northwest Department of Hydrometeorology and environmental monitoring» activities. Yearbook] / Ed.: A.A. Lukovskoy; FSBI «Northwest Department of Hydrometeorology and environmental monitoring». SPb., 2015. 165 p. (In Russian)
- Teoriya statistiki. Uchebnik [Theory of statistics: Textbook] / Ed. R.A. Shmoilovoy. 4-e ed., revised and additional. M.: Finance and Statistics, 2003. 656 p. (In Russian)

Received 31.05.2017

Revised 15.11.2018

Accepted 06.12.2018

<sup>1</sup> Federal State-Funded Educational Institutional of Higher Education Don State Technical University, Faculty of Construction and Engineering. Department of Fireguard and Emergency, Associate Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* esameteo@mail.ru

<sup>2</sup> Civil servant, PhD. in Geography; *e-mail:* milyutina.e.o@yandex.ru

<sup>3</sup> Saint-Petersburg Institute of Education in the sphere of humanities and social sciences, Vice Rector for development, PhD. in Geography; *e-mail:* lipovitskaya@mail.ru

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.3:30 (470)

Н.В. Зубаревич<sup>1</sup>, С.Г. Сафронов<sup>2</sup>**ДОЛЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В СТРУКТУРЕ РАСХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ КАК ИНДИКАТОР УРОВНЯ ЖИЗНИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Проведен анализ трансформации потребления населения регионов России за постсоветский период по данным о доле расходов на продукты питания в структуре потребительских расходов. Выявлен нелинейный тренд модернизации потребления, его обусловленность макроэкономической динамикой, уровнем доходов населения регионов, скорректированных на стоимость жизни, и уровнем бедности. Показано влияние природно-климатических, экономических и других факторов на долю натуральных поступлений продуктов питания в потреблении населения. Выявлено, что по сравнению с кризисом 1990-х гг., в последний кризис 2014–2017 гг. население регионов в минимальной степени компенсировало падение своих денежных доходов с помощью роста доходов от личного подсобного хозяйства (ЛПХ). Модель патриархальной адаптации к кризисам путем интенсификации доходов от ЛПХ уходит в прошлое в большинстве регионов.

*Ключевые слова:* структура потребления, регионы России, расходы на продукты питания, натуральные поступления

**Введение и постановка задачи.** Потребление является важной характеристикой благосостояния и уровня жизни, тесно связанной с доходами населения. Еще в конце XIX в. немецкий статистик Э. Энгель на основе эмпирических исследований доказал, что по мере роста доходов домохозяйства сокращается доля продуктов питания в его потреблении, а структура питания изменяется в сторону более качественных продуктов. Структурный сдвиг потребления от продуктов питания к непродовольственным товарам и затем к услугам подтверждается исследованиями структуры потребления домашних хозяйств во многих странах, включая СССР и Россию, где за постсоветский период среднедушевые реальные доходы населения увеличились в полтора раза [Овчарова, Попова, 2013].

Снижение доли расходов на питание нелинейно, исследования потребления в развивающихся странах показали, что в более бедных странах и группах населения доля расходов на питание может расти по мере роста доходов, поскольку еще не завершен процесс количественного насыщения базисного спроса [Жуков, 1991].

Несмотря на существенное снижение доли расходов на питание за последние 10 лет, Россия по структуре потребления домохозяйств все еще далека от развитых стран Европы, где доля расходов на питание составляет не более 20% [Овчарова, Попова, 2013]. Например, во Франции домохозяйства тратили 30% бюджета на питание в 60-е годы

XX вв., а в 2000 г. – 12%. Такая же доля питания в потребительских расходах семей США была уже в 1985 г. [Региональные ..., 2012]. В рамках единой методологии международных сопоставлений, российские домохозяйства в 2014 г. потратили на питание почти 23% всех потребительских расходов без учета питания вне дома, в Греции и Португалии эта доля составила 15%, а в США – 6% [Социальное ..., 2017].

На снижение доли продуктов питания в потреблении населения, помимо важнейшего фактора – дохода и его изменений в периоды экономического роста и кризисов, влияют также масштаб неравенства по доходу в стране или регионе. При сильном неравенстве намного больше структурные различия потребления для высоко- и низкодходных групп населения. По данным обследования бюджетов домашних хозяйств за 2014 г., 10% самых бедных российских семей тратили на покупку продуктов питания 46% доходов, а 10% самых богатых – менее 19% [Овчарова с соавт., 2014]. Еще один фактор – уровень урбанизации, структура потребления в крупных городах трансформируется быстрее, в потреблении сельского населения выше доля натуральной продукции ЛПХ, хотя она сокращается. По данным обследований бюджетов домашних хозяйств Ростата, в 2013 г. стоимостная оценка продуктового набора, поступающего из ЛПХ, составила 2,4%, в том числе у городских жителей – 1,2, у сельских – 8,1%. В 1998 г. этот показатель превышал 9%, в том

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, профессор, докт. геогр. н.; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт социальной политики, гл. науч. с.; e-mail: nzubarevich@gmail.com

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

числе у городского населения – 7, у сельского – 31% [Овчарова с соавт., 2014].

Региональные различия структуры потребления рассматривались в двух публикациях Института социально-экономических проблем народонаселения. Показано влияние территориальной дифференциации доходов населения на структуру потребления: в регионах с относительно высокими доходами населения доля расходов на питание ниже, чем в среднем по стране, в годы экономического роста в большинстве регионов она существенно снизилась, а с наступлением кризиса 2008 г. вновь стала расти [Региональные ..., 2012]. По данным за 2009 г. показана географическая дифференциация структуры потребления [Корчагина, 2012].

В мониторинге НИУ-ВШЭ проведен региональный анализ по данным за 2013 г. [Овчарова с соавт., 2014]. Он также показал трансформацию потребления населения городских территорий с высокими доходами и отставание слаборазвитых республик, а также более сильную зависимость от натуральных поступлений из ЛПХ в низкодходных регионах. Однако доходы населения рассматривались в номинальном выражении и для объяснения неадекватного сочетания высоких доходов с повышенной долей расходов на питание в структуре потребления авторы выделили тип «удаленные северные регионы с неразвитым ЛПХ», хотя причина не в географическом положении, а в невысокой покупательной способности доходов населения этих регионов с учетом стоимости жизни.

Географические исследования потребления, начатые еще в 1960-х гг. С.А. Ковалевым [Ковалев, 1966], не получили заметного развития. Недавно опубликованные работы касаются потребления продовольствия в регионах без учета тенденций трансформации структуры потребления при изменении доходов населения, влияния факторов бедности, неравенства по доходу и др. [Корнекова, 2017; Корнекова, Файбусович, 2012].

Обзор проведенных исследований показывает необходимость более широкого по временному интервалу и более детального анализа изменений роли продуктов питания в потребительских расходах населения регионов за весь постсоветский период, включая последний кризис 2014–2017 гг., региональных изменений роли натуральных поступлений продуктов питания в потреблении домохозяйств, взаимосвязи структуры потребительских расходов и доли продуктов питания в ней не только с доходами населения, но и с уровнем бедности в регионах.

**Материалы и методы исследований.** База данных включает региональные показатели Росстата. Душевые денежные доходы населения были скорректированы на прожиточный минимум, для ранжирования регионов по доходу как основному фактору трансформации потребления использованы среднегодовые показатели периода максимальных разли-

чий в начале 2000-х гг. и средние за 2014–2015 гг. Показатели уровня бедности взяты за 2000 г. как последний в череде лет с максимальным уровнем бедности и за 2017 г. Показатель доли продуктов питания в потребительских расходах домашних хозяйств рассматривался ежегодно за период с 1990 по 2017 гг. Доля натуральных поступлений продуктов питания в расходах на конечное потребление домашних хозяйств<sup>3</sup> рассмотрена за 1999 г. (время завершения кризиса 1990-х) и за 2017 гг. [Доходы ..., 2017].

Основная задача – выявить динамику и степень синхронности изменений доли продуктов питания в структуре потребительских расходов населения регионов, возможные замедления и ускорения, обусловленные макроэкономической динамикой (периоды роста и кризисов), динамикой роста доходов населения и снижения уровня бедности. Еще один компонент трансформации потребления – динамика доли натуральных поступлений продуктов питания в конечном потреблении домашних хозяйств. Для выявления изменений использованы стандартные статистические и картографические методы.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Проведенные расчеты подтверждают, что структурные изменения расходов на продукты питания сильнее всего зависят от базового фактора – доходов населения. Следствием кризиса 1990-х гг. стало более чем двукратное снижение доходов населения и рост доли расходов на продовольствие в потребительских расходах населения с 35% в 1990 г. до 52% в 1995 г. и 54% в 1998–1999 г. В период экономического роста 2000-х гг. доля расходов на питание сократилась во всех регионах (табл. 1), так как именно тогда быстрее всего росли доходы населения – с 1998 по 2007 гг. они увеличились в 3 раза в ценах 1991 г. [Овчарова, Попова, 2013]. В кризис 2009 г., по данным Росстата, сокращения доходов населения не произошло, однако в 16 регионах в 2009 г. отмечался рост доли продуктов в потребительских расходах населения, в основном в слаборазвитых республиках и некоторых северных регионах, а в 10 регионах эта доля не менялась. Незначительное снижение доли продовольствия в потреблении населения большинства регионов продолжалось до 2013 г. В период последнего кризиса проявился обратный тренд, обусловленный падением реальных доходов населения на 11% с 2014 до 2017 гг. Особенно сильным был «откат» назад в регионах с относительно низкой и средней долей расходов на питание, многие из них сдвинулись по шкале распределения в худшую группу.

На рис. 1, составленном по средним данным за период с наиболее низкой долей расходов на продукты питания (2012–2014 гг.), показана динамика до и после 2013 г. В среднем по России с 1998 г. до 2013 г., когда было зафиксировано минимальное значение доли расходов на продукты питания, она

<sup>3</sup> Расходы на конечное потребление домашних хозяйств включают потребительские расходы, стоимость натуральных поступлений продуктов питания и стоимость предоставленных в натуральном выражении дотаций и льгот.

Таблица 1

**Распределение регионов по доле расходов на продукты питания в потребительских расходах, число регионов**

Доля, % (среднее за 3 года)	1998–2000	2006–2008	2012–2014	2015–2017
менее 25	–	4	7	–
25–30	–	26	28	13
30–35	2	34	36	40
35–40	2	10	8	23
40–45	4	6	1	5
45–50	15	2	1	2
50–55	16	–	1	–
55–60	27	–	1	2
60–65	14	–	–	–
65–70	–	1	–	–
70–75	1	–	–	–
75–80	1	–	–	–

Источники: Социальное положение и уровень жизни населения: Статистический сборник. 2000–2017 гг.; Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств: Бюллетень Росстата за 2017 г.

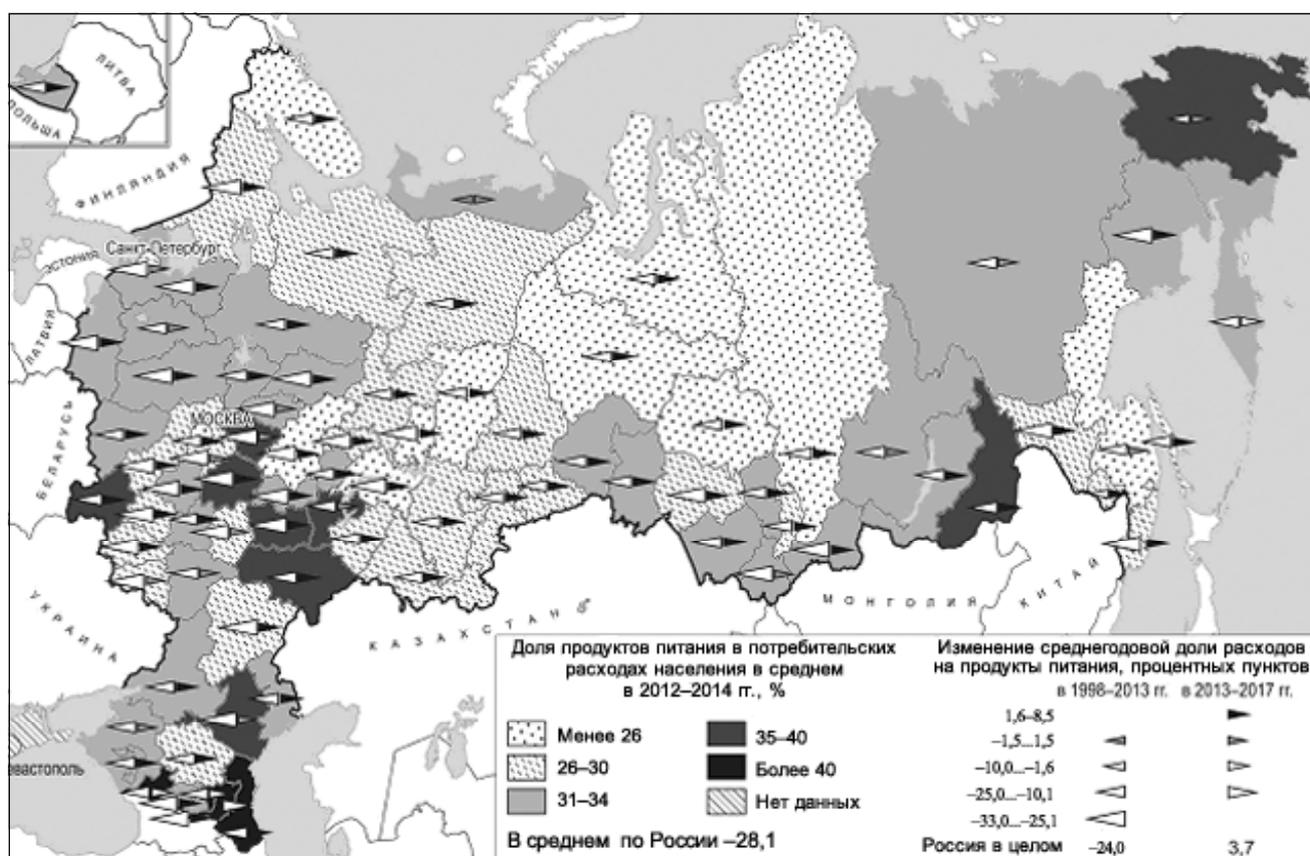


Рис. 1. Доля продуктов питания в потребительских расходах населения регионов (%) и ее изменения (п. п.). Источники: Социальное положение и уровень жизни населения: Статистический сборник. 2000–2017 гг.; Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств: Бюллетень Росстата за 2017 г.

Fig. 1. Share of food in consumer spendings of population in the regions (%) and its dynamics (п. п.). Sources: Sotsialnoe polozhenie i uroven ..., 2000–2017; Dohody, rashody i potreblenie ..., 2017

сократилась на 24 процентных пункта (п. п.). Зона максимального снижения (25–33 п. п.) охватила большинство регионов Центра и Северо-Запада, а также некоторые слабообразованные республики Северного Кавказа и Сибири. Более скромной (10–24% п. п.) была динамика в русских регионах Юга, а также на Урале, Европейском Севере и в Сибири, где модернизация потребительского поведения отставала, а условия для модернизации были хуже. Исключение составляли лишь более продвинутой Новосибирская область и приграничный Приморский край.

С началом нового кризиса 2014–2017 гг. почти повсеместно начался рост доли продуктов питания в структуре расходов. Менее заметен он в слабообразованных республиках (особенно в Чечне, Ингушетии, Калмыкии), где достоверность статистических измерений доходов и потребления невысока, а доля продовольствия в потребительских расходах и так максимальна, а также в некоторых северных регионах, где динамика в период экономического роста была менее интенсивной.

На фоне значительного снижения, а затем некоторого роста доли продуктов питания в потребительских расходах происходило сближение регионов по значению этого показателя. Уже на этапе экономического роста различия между лидерами трансформации потребления и большинством остальных регионов сократились. Кризис не остановил этот процесс, за последние 4 года разброс регионов стал еще меньше: среднее квадратическое отклонение по этому показателю уменьшилось за период 1998–2017 гг. почти на четверть.

На этот общий тренд накладываются особенности прохождения кризисов. На этапе компенсационного подъема доходы населения менее развитых регионов в результате перераспределительной по-

литики государства быстрее «подтягиваются» вверх, и различия в расходах на продукты питания по сравнению с развитыми регионами уменьшаются. С началом очередной волны кризиса отстающие регионы теряют финансовую «подушку безопасности», их жители быстрее возвращаются к кризисным моделям выживания, в то время как население развитых регионов поддерживает закрепившиеся в благополучные годы более модернизированные модели потребления. С такого рода процессами было связано увеличение межрегиональной дифференциации в кризисы 1998, 2009 и, в меньшей степени, последнего кризиса, начавшегося в 2014 г., которому предшествовал значительно менее интенсивный компенсационный подъем.

Матрица распределения регионов по отношению душевых денежных доходов, скорректированных на прожиточный минимум, и доле продуктов питания в потребительских расходах населения в 2002 и 2015 гг. также показывает долгосрочную тенденцию сокращения региональной дифференциации и общее смещение в сторону более низкой доли расходов на продукты питания по мере роста доходов (табл. 2). Но изменения идут нелинейно, в 2002 г. более десятка регионов имели повышенную долю расходов на продукты питания при лучших показателях доходов, а в 2015 г. – 16 регионов. Отчасти это можно объяснить влиянием выбранных границ распределения в матрице, но сокращение доли расходов на продукты питания в разных регионах обусловлено не только влиянием уровнем дохода.

Географические различия более понятны при анализе изменений доли расходов на питание в потребительских расходах по регионам с разным уровнем развития и доходов населения, а также с разной структурой экономики (рис. 2). По уровню экономического развития и доходов населения все регионы

Таблица 2

**Распределение регионов по доле расходов на продукты питания в потребительских расходах и отношению душевых денежных доходов населения к прожиточному минимуму, число регионов**

Отношение душевых денежных доходов к прожиточному минимуму, %	Доля продуктов питания в потребительских расходах, %					Итого
	60% и более	50–60	40–50	30–40	менее 30	
2002 г.						
менее 100	1					1
100–150	8	6		1		15
150–200	7	25	1	8		41
200–300		11		8		19
более 300			3	1		4
<i>Итого</i>	<i>16</i>	<i>42</i>	<i>4</i>	<i>18</i>		<i>80</i>
2015 г.						
	60% и больше	50–60	40–50	30–40	менее 30	Итого
150–200		1	1	6		8
200–300			6	41	6	53
более 300		1		16	7	24
<i>Итого</i>		<i>2</i>	<i>7</i>	<i>63</i>	<i>13</i>	<i>85</i>

*Источники:* Социальное положение и уровень жизни населения: Статистический сборник. 2000–2017 гг.; Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств: Бюллетень Росстата за 2017 г.

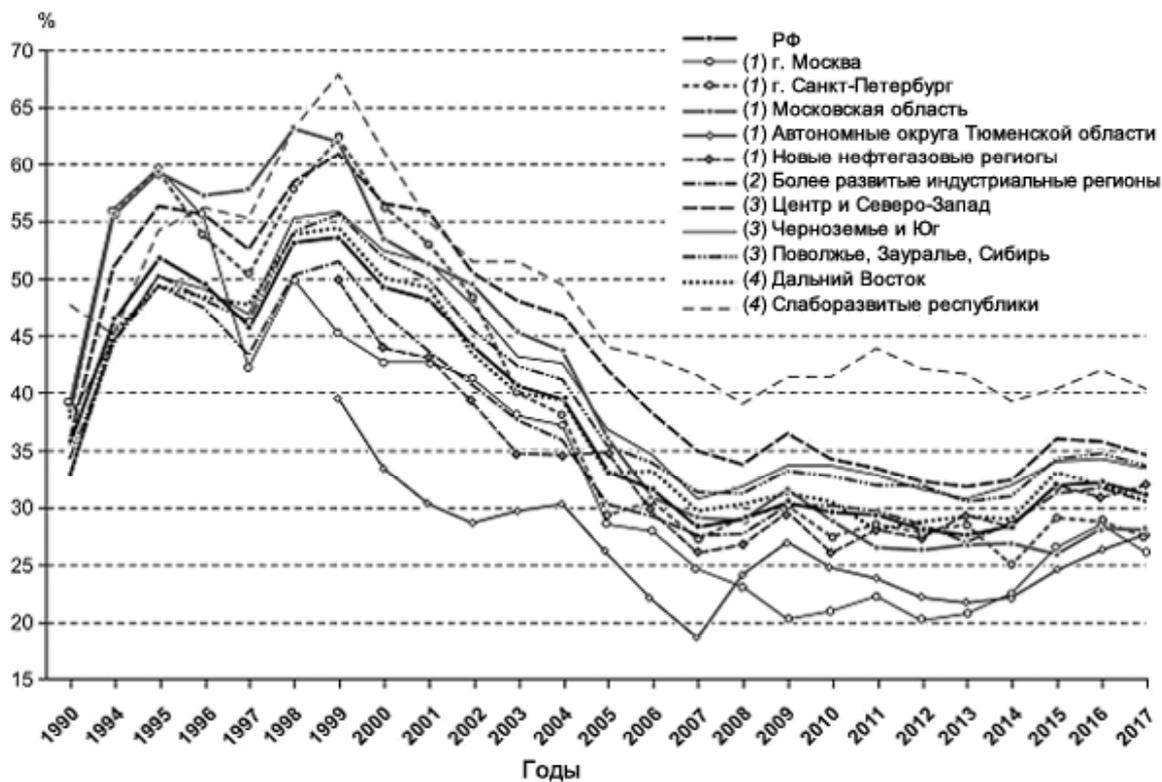


Рис. 2. Доля расходов на питание в потребительских расходах домашних хозяйств по отдельным регионам и группам регионов с разным уровнем доходов, скорректированных на прожиточный минимум, и разным географическим положением, %. *Источники:* Социальное положение и уровень жизни населения: Статистический сборник. 2000–2017 гг.; Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств: Бюллетень Росстата за 2017 г.

Fig.2. Share of food expenses in consumption of the households by particular regions and groups of regions with different levels of money income adjusted for the cost of living, and different geographical position, %. *Sources:* Sotsialnoe polozhenie i uroven ..., 2000–2017; Dohody, rashkody i potreblenie ..., 2017

были разделены на 4 группы: развитые (1), относительно развитые (2), среднеразвитые (3) и слабо-развитые (4). Только в трех самых развитых регионах с высокими доходами – Москве и автономных округах Тюменской области – динамика устойчиво лучше средней по стране, но в них же отмечался более сильный возвратный структурный сдвиг в ходе последнего кризиса. Со значительным опозданием, только к концу периода экономического роста к лидерам приблизились С.-Петербург, Московская область как внешняя зона столичной агломерации и два новых нефтегазодобывающих региона (Сахалинская область и Ненецкий АО), но при ухудшении экономической ситуации с 2015 г. они сдвинулись ближе к средним значениям. Показатели относительно развитых регионов и их динамика фактически совпадают со средними по РФ. Как и по другим индикаторам, средний показатель по РФ заметно выше медианного. В большинстве среднеразвитых регионов, почти вне зависимости от их географического положения, динамика изменений хуже средней по стране, трансформация запаздывает, хотя региональные различия заметно сократились. Только в регионах Дальнего Востока показатели ближе к средним по РФ, что с большой вероятностью объясняется повышенным уровнем урбаниза-

ции. Медленней всего идет трансформация потребительских расходов в слабо развитых республиках с низкими доходами населения и повышенным уровнем бедности, в них сохраняется высокая доля расходов на питание в потребительских расходах.

Сопоставление доли расходов на продукты питания и уровня бедности в регионах в конце кризисных 1990-х и в среднем за последние три года позволяет выявить две тенденции (рис. 3). Первая – сокращение разброса обоих показателей, за исключением нескольких регионов с низкой достоверностью статистических измерений (республики Ингушетия, Дагестан, Тыва). Вторая – ослабление взаимосвязи доли расходов на продукты питания и уровня бедности. Из анализа графика следует, что степень взаимозависимости этих явлений за последние полтора десятилетия несколько уменьшилась: плотное облако регионов 2015–2017 гг. отличается от распределения конца 1990-х гг., несмотря на близкие значения коэффициента регрессионного уравнения. Значение коэффициента корреляции между ними уменьшилось с 0,5 до 0,3. Причина в том, что сильное снижение уровня бедности за рассматриваемый период (с 29 до 13%) вывело из числа бедных большую часть второй и всю третью децильную группу распределения на-

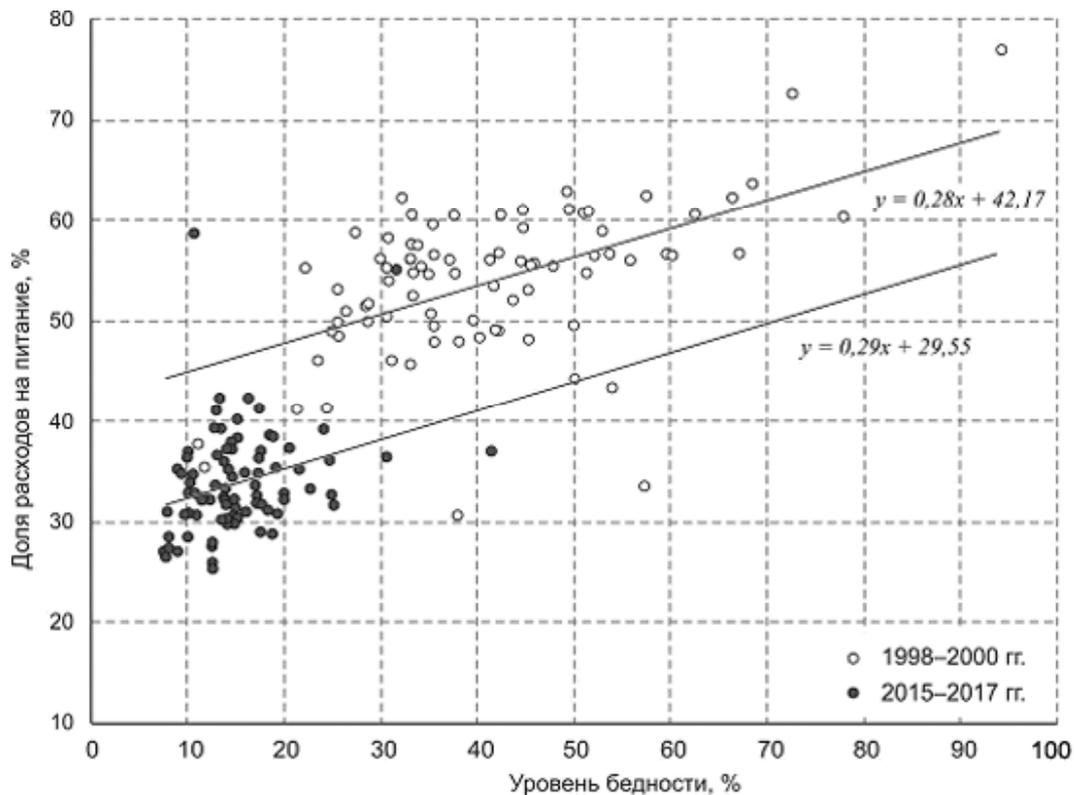


Рис. 3. Распределение регионов по уровню бедности и доле расходов на питание в потребительских расходах в 1998–2000 и 2015–2017 гг., %. *Источники:* Социальное положение и уровень жизни населения: Статистический сборник. 2000–2017 гг.; Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств: Бюллетень Росстата за 2017 г.

Fig. 3. Rating of regions by poverty level and share of food expenses in consumption in 1998–2000 and 2015–2017, %. *Sources:* Sotsialnoe polozhenie i uroven ..., 2000–2017; Dohody, raskhody i potreblenie ..., 2017

селения по доходу, хотя в структуре их потребления доля расходов на продукты питания по-прежнему остается высокой.

Еще один тренд – значительное сокращение роли натуральных продуктов питания, в основном получаемых от ЛПХ, в потреблении домашних хозяйств. В конце кризиса, в 1999 г. они составляли 10,8% всех расходов на конечное потребление домашних хозяйств, в том числе 6,2% для проживающих в городской местности и 28,3% для проживающих в сельской местности. Самую значительную долю имели слаборазвитые автономные округа Сибири и Предуралья (29–41%), области Черноземного Центра и некоторые прилегающие к ним, менее развитые республики Поволжья (20–23%) и, если верить статистике, только одна из республик Северного Кавказа – Карачаево-Черкесия (29%). С учетом большой доли натуральных поступлений продуктов питания структурный сдвиг потребления в сторону питания в кризисный период был еще более сильным, особенно в менее урбанизированных и менее развитых регионах, а также в регионах с лучшими агроклиматическими условиями.

Перелом произошел в период экономического роста 2000-х: к 2007 г. доля натуральных поступлений снизилась до 4,4%, в 2010-х стабилизировалась на уровне немного выше 3%. В период кризисного

спада доходов населения 2014–2017 гг. доля натуральных поступлений практически не росла и в 2017 г. составила 3,3%. Россияне постепенно утрачивают привычку «кормиться с земли» в кризисные годы, если доходы сокращаются более медленно и не так сильно, как это было в 1990-х гг.

В региональном разрезе этот поведенческий сдвиг идет с разной скоростью. Повышенную долю (6–9%) сохраняют более аграрные, традиционалистские или менее развитые регионы: области Черноземного Центра и прилегающие к ним, почти все республики Поволжья (Марий Эл, Чувашия, Башкортостан, Татарстан, Удмуртия), Оренбургская область и Алтайский край, депрессивная Курганская и Амурская области, менее развитые республики Северного Кавказа и юга Сибири (Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Алтай, Тыва, Хакасия). В них также сократилась доля натуральных поступлений продуктов питания в потреблении, но их роль остается значимой – «кормиться с земли» вынуждают и низкие доходы, особенно в сельской местности, и укорененность традиций ведения более масштабного ЛПХ. Исследования Т.Г. Нефедовой по данным сельскохозяйственной переписи 2016 г. также показывают, что производство продовольствия в ЛПХ и на дачных участках более развито в регионах Черноземья и всей степной зоны, в рес-

публиках Северного Кавказа, Поволжья и юга Сибири [Нефедова, 2018].

#### Выводы:

– за последнюю четверть века население России сильно трансформировало структуру потребления: в 1990-е гг. она сдвинулась к модели выживания с резким увеличением доли продуктов питания в структуре потребления, к концу периода экономического роста 2000-х гг. начался переход от модели выживания к модели развития со снижением доли расходов на продукты питания, после кризиса 2009 г. этот сдвиг замедлился, а с началом нового кризиса 2014–2017 гг. происходит обратный процесс роста доли расходов на продукты питания.

В регионах эти сдвиги в основном совпадали по времени, но различались по динамике. Можно выделить четыре группы регионов:

– самые развитые с опережающим снижением доли расходов на продукты питания (Москва и автономные округа Тюменской области) и приблизившиеся к ним в период экономического роста С.-Петербург, Московская область и два новых нефтегазодобывающих региона (Ненецкий АО и Сахалинская область); однако именно эти регионы испытали наиболее сильный возвратный сдвиг структуры потребления в последний экономический кризис;

– относительно развитые регионы, динамика которых совпадает со средней по стране;

– среднеразвитые регионы, отстающие от среднего показателя по стране, но постепенно сближающиеся с ним; быстрее всего это происходило в ре-

гионах Дальнего Востока вследствие высокой урбанизированности;

– слабо развитые республики с повышенной долей расходов на продукты питания вследствие низких доходов населения.

Влияние фактора доходов остается доминирующим, но оно нелинейно – в регионах с низкой стоимостью жизни (Черноземье, Юг) отношение доходов к прожиточному минимуму выше, но доходы в рублях невелики, что приводит к сохранению повышенной доли расходов на продукты питания.

Влияние уровня бедности населения регионов на структуру потребления ослабело по сравнению с концом 1990-х гг. по двум причинам: сильно сократилась дифференциация большинства регионов по уровню бедности и более чем в 2 раза снизился сам уровень бедности, в результате из числа бедных выпала большая часть населения с относительно низкими доходами, в потреблении которых сохраняются высокая доля продуктов питания.

Типичная для России стратегия выживания «на земле» (за счет натуральных поступлений продуктов питания, в основном от ЛПХ) постепенно уходит в прошлое, хотя все еще остается привычной для менее развитых и более аграрных регионов. В кризис 2014–2017 гг. почти не было роста натуральных поступлений продуктов питания в структуре потребления домашних хозяйств подавляющего большинства регионов. Значительная часть населения России уже не возвращается к патриархальным практикам выживания в трудные времена.

**Благодарности.** Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в 2019 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Доходы, расходы и потребление домашних хозяйств // Бюллетень Росстата за 2017 г. С. 55–58.

Жуков С.В. Развивающиеся страны: сфера услуг и экономический рост. М.: Наука, 1991. С. 78–79.

Ковалев С.А. География потребления и география сферы обслуживания // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1966. № 2. С. 3–10.

Корнекова С.Ю. География продовольственного потребления: системный анализ. СПб.: Издательство СПбГЭУ, 2017. 242 с.

Корнекова С.Ю., Файбусович Э.Л. Территориальные различия потребления продовольственных товаров населением России // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. 2012. № 6. С. 58–64.

Корчагина И.И. Доходы и потребление населения в региональном измерении // Пространственная демография и социальная среда. М.: М-Студио, 2012. С. 196–236.

Нефедова Т.Г. Современное крестьянское хозяйство в сельско-городской среде // Крестьяноведение. 2018. Т. 3. № 1. С. 111–133.

Овчарова Л.Н., Бирюкова С.С., Тер-Акопов С.А., Варданян Е.Г. Что изменилось в доходах, расходах и потреблении населения? // Мониторинг доходов, расходов и потребления российских домохозяйств. М.: НИУ-ВШЭ, 2014. № 2. 42 с.

Овчарова Л.Н., Попова Д.О. Доходы и расходы российских домашних хозяйств: что изменилось в массовом стандарте потребления // Мир России. 2013. № 3. С. 3–34.

Региональные особенности уровня и качества жизни / Под ред. Н.М. Римашевской. М.: ИСЭПН – М-Студио, 2012. С. 302–311.

Социальное положение и уровень жизни населения // Стат. сборник Росстата. 2017 г. (раздел «Международные сопоставления»). С. 330.

Поступила в редакцию 29.10.2018

После доработки 15.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

N.V. Zubarevich<sup>1</sup>, S.G. Safronov<sup>2</sup>

**THE SHARE OF FOOD IN TOTAL CONSUMPTION OF THE POPULATION  
OF RUSSIAN REGIONS AS AN INDICATOR OF THE STANDARD  
OF LIVING AND CONSUMPTION MODERNIZATION**

Transformation of food consumption in Russia's regions during the post-Soviet period is analyzed basing on the data on the share of food expenditure in the structure of consumer spending. A non-linear trend of consumption modernization is revealed, as well as its dependence on macroeconomic dynamics, level of money income adjusted for the cost of living, and poverty rate. The article shows the influence of geographic, economic and other factors on the share of natural food revenues in population consumption. Compared with the crisis of the 1990s, the latest crisis of 2014–2017 showed that the population of the regions just minimally compensated the decreasing money income by the growing revenues from household plots of land. The patriarchal model of adaptation to crises by intensifying revenues from the household plots is becoming a thing of the past in the majority of Russian regions.

*Key words:* consumption structure, regions of Russia, share of food expenses in consumption, natural food supplies

*Acknowledgements.* The study was implemented under the Basic Research Program of the National Research University Higher School of Economics (HSE) in 2019.

## REFERENCES

- Dohody, raskhody i potreblenie domashnih hozyaystv [Households incomes, spendings and consumption] // State Statistic Committee. 2017. S. 55 – 58. (In Russian)
- Korchagina I.I.* Dohody i potreblenie naseleniya v regionalnom izmerenii [Population incomes and consumption in the regional dimension] // Prostranstvennaya demografiya i sotsialnaya sreda. [In: Spatial demography and social environment] Moscow: M-Studio, 2012. S. 196–236. (In Russian)
- Kornekova S.Yu. Faybusovich E.L.* Territorialnye razlichiya potrebleniya prodovolstvennykh tovarov naseleniem Rossii [Territorial differences in the consumption of food products by the population of Russia] // Ivestiya St-Pb unversity of economics and finance. 2012. № 6. S. 58–64. (In Russian)
- Kornekova S.Yu.* Geografiya prodovolstvennogo potrebleniya sistemnyj analiz [Food consumption geography: systemic analysis]. St-Petersburg, 2017. 242 s. (In Russian)
- Kovalev S.A.* Geografiya potrebleniya i geografiya sfery obsluzhivaniya [Consumption geography and geography of service sector] // Vestnik MSU, Series Geogr. 1966. № 2. S. 3–10. (In Russian)
- Nefedova T.G.* Sovremennoe krestyanskoe hozyaistvo v selsko-gorodskoi srede [Present-day peasant economy in the rural-urban environment] // Krestyanovedenie. 2018. T. 3. № 1. S. 111–133. (In Russian)
- Ovcharova L.N., Biryukova S.S., Ter-Akopov S.A., Vardanyan E.G.* Chto izmenilos v dohodah, raskhodah i potreblenii naseleniya [What has changed in population incomes, spendings and consumption?] // Monitoring dohodov raskhodov i potrebleniya rossiyskikh domohozyaystv [Russian households incomes, spendings and consumption monitoring]. HSE. Moscow, 2014. № 2. 42 s. (In Russian)
- Ovcharova L.N., Popova D.O.* Dohody i raskhody rossiyskikh domashnih hozyaystv: chto izmenilos v massovom standarte potrebleniya [Incomes and spendings of Russia's households: what has changed in the mass standard of consumption?] // Russia's World. 2013. № 3. S. 3–34. (In Russian)
- Regionalnye osobennosti urovnya i kachestva zhizni [Regional features of the standard of living and quality of life] / Ed. by N.M. Rimashevskaya. Institute of socio-economic problems of the population. M-Studio, 2012. S. 302–311. (In Russian)
- Sotsialnoe polozhenie i uroven zhizni naseleniya [Social situation and standard of living of the population]. State Statistic Committee. 2017 (International comparisons). S. 330. (In Russian)
- Zhukov S.V.* Razvivayushchiesya strany: sfera uslug i ekonomicheskij rost [Developing countries: service sector and economic growth]. Moscow: Nauka, 1991. S. 78–79. (In Russian)

Received 29.10.2018

Revised 15.11.2018

Accepted 06.12.2018

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Geography; National Research University Higher School of Economics, Institute for Social Policy, Chief Research Scientist; *e-mail*: nzubarevich@gmail.com.

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail*: saffff@mail.ru.

УДК 911.3

Н.А. Щитова<sup>1</sup>, В.С. Белозеров<sup>2</sup>, В.С. Тикун<sup>3</sup>

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Статья посвящена анализу социально-экономического компонента качества жизни населения на примере сельской местности типичного южнороссийского региона. Рассмотрено содержание понятия «качество жизни» с точки зрения методологии интегративного подхода, сочетающего субъективные и объективные оценки. Основным источником эмпирических данных явились результаты полевых исследований, включавших опросы населения и экспертные опросы в Ставропольском крае. Полученные материалы отражают субъективное восприятие качества жизни селянами, дополненное в ряде случаев данными официальной статистики. Анализируются экономические показатели, в том числе уровень материального благосостояния, показатели, характеризующие социально-культурную и рекреационную сферы жизни, в поселениях разной людности и с разным экономико-географическим положением. Основные параметры качества жизни демонстрируют процессы вовлечения сельских жителей в модернизационное развитие, имеющее как позитивные, так и негативные последствия, связанные с разрушением традиционного уклада жизни и снижением демографического потенциала, и с постепенным формированием качеств, обеспечивающих успешную социально-экономическую адаптацию в новых условиях. Качество среды жизни деформируется под влиянием позиционных факторов, что ведет к расслоению сельских поселений на растущие и неперспективные.

*Ключевые слова:* качество населения, качество среды жизни, объективные оценки качества жизни, субъективные оценки качества жизни, сельская местность, юг европейской части России, Ставропольский край

**Введение.** Качество жизни населения описывается большим рядом показателей, число которых в некоторых исследованиях исчисляется десятками и достигает сотен. Эти наборы данных, в частности, рассматриваются в качестве решающих факторов устойчивости развития территорий, где взаимосвязываются социальный, экономический и экологический компоненты. Сразу же отметим, что среди упомянутых трех блоков по числу публикаций особенно выделяется экологическая составляющая (для примера можно указать книгу [Регионы и города ..., 2014] где в списке литературы значится 831 ссылка, книги [Indicators ..., 1996; Ravetz, 2000; Girardet, 2004] и особенно книгу Восток-Запад ... [2016], где описана методика проведения социологического опроса москвичей). Именно экологическая компонента разработана наиболее хорошо и поэтому в своем исследовании мы решили сконцентрировать внимание на социально-экономической составляющей.

Мощность демографического потенциала, интенсивность миграционных и воспроизводственных процессов, сбалансированность половозрастной структуры, с одной стороны, активность населения, новационные формы социально-экономического поведения людей, в том числе способы социально-экономической адаптации к новым условиям, с другой стороны, определяют эффективность использования имеющихся конкурентных преимуществ, связанных с природными и хозяйственными условиями. Оцен-

ка качества жизни позволяет выявить уровень развития человеческого потенциала территории, степень достижения общественной социально-экономической безопасности и благополучия. Идеология качества жизни выходит на первый план в государственной политике и социальной работе. Все чаще «развитие человека» и перспективы от «инвестиций в человека» рассматриваются как альтернатива устаревшей точке зрения, ставящей знак равенства между уровнем развития государства и его экономики [Quality of life ..., 2004].

Качество жизни – понятие, характеризующее эффективность функционирования систем человеческой деятельности. Непосредственная связь качества жизни с удовлетворенностью жизнедеятельностью как в целом, так и ее отдельными элементами: условиями жизни, уровнем реализации различных потребностей – медицинских, образовательных и т. д., осуществлением жизненных планов. Качество жизни – понятие, в значительной степени относительное. Оно непосредственно формируется в рамках определенного образа жизни, «привязанного» к разномасштабным пространствам, а параметры его оценки меняются в зависимости от территориального (странового, регионального, поселенческого) уровня. Именно с этим обстоятельством связана трудность построения системы показателей, интегрированных индексов, призванных объективно раскрывать уровень или качество жизни данного сообщества [Щитова, Полушковский, 2008].

<sup>1</sup> Северо-Кавказский федеральный университет, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: stavgeo@mail.ru

<sup>2</sup> Северо-Кавказский федеральный университет, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: vsbelozerov@yandex.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: tikunov@geogr.msu.ru

В российской науке преобладают исследования качества жизни, опирающиеся на статистические данные. Интегральные исследования, или исследования, основанные на субъективной оценке, достаточно редки. В то же время, учет субъективного восприятия действительности людьми позволяет уловить многие, не фиксируемые статистикой детали и получить более точную картину.

Цель данной работы – выявить особенности качества жизни сельских жителей одного из типичных регионов равнинного Юга европейской части России на основе их собственных мнений и оценок.

Выбор территории исследования обусловлен быстрыми трансформациями, идущими в сельской местности России в настоящее время. С одной стороны, численность населения в сельской местности сокращается стремительными темпами; инфраструктура, в особенности транспортная, модифицируется слабо и не повсеместно; сокращается число школ, укрупняется сеть лечебных учреждений и т. д., на глазах исчезают целые поселения, а серьезных и внятных альтернатив, позволяющих помешать этому процессу, пока не видно. С другой стороны, явны и модернизационные процессы, например, распространение мобильной связи и Интернета, проникновение некоторых бытовых новшеств.

Очевидно, что южнороссийское село в равнинной части выглядит куда более выгодно, чем аналогичное в центральных, северных или восточных регионах страны. Здесь выше показатели по валовому сбору, урожайности, посевным площадям зерновых культур, что связано, главным образом, с благоприятными природными условиями, вековыми традициями ведения сельского хозяйства. В сельской местности южных российских регионов повышена доля сельского населения, относительно неплохо развита социальная и транспортная инфраструктура. Немаловажное значение имеет и полиэтничный состав населения, что также является одним из потенциальных ресурсов социально-экономического развития. Вместе с тем, необходимо констатировать, что современная ситуация в этих селах далека от оптимальной. Средняя заработная плата здесь ниже, чем в среднем по России, уровень безработицы в два раза выше, чем по стране.

В качестве пилотной территории исследования был выбран Ставропольский край, как достаточно типичный равнинный регион Юга европейской части РФ с аграрно индустриальной специализацией. Выбор Ставропольского края обусловлен следующими обстоятельствами:

– низкий уровень урбанизации – более 40% жителей края являются селянами [Управление ..., 2018];

– рост численности сельского населения (в 1989 г. в селах края проживало 1 млн 111 тыс. чел., к 2017 г. – 1 млн 167 тыс. чел.) [Управление ..., 2018];

– рост сельского населения за счет миграции, что позволяет выявить различия в качестве жизни местного и пришлого населения, разных этнических групп;

– дифференциация сельских поселений по размеру с преобладанием крупных сел, в которых проживают почти 80% сельских жителей (средний размер сельского поселения более 1,6 тыс. человек), имеются села с численностью более 10 и даже 20 тыс. человек [Управление ..., 2018];

– расслоение сельских поселений под влиянием современных процессов (глобализации, субурбанизации, усиления роли позиционного фактора и др.) на центральные, полупериферийные и периферийные с разным качеством жизни.

**История вопроса и теоретические подходы исследования.** В мировой науке качество жизни исследуется уже около полувека, однако разработанность теоретико-методологической базы, понятийно-терминологического аппарата остается до сих пор недостаточной. Отсутствует однозначное толкование содержания понятия «качество жизни» [Erppler, 2007]. Одна из причин такого положения, на наш взгляд, заключается в междисциплинарности категории «качество жизни», широком применении данного понятия в экономике, медицине, социологии, психологии, экологии и развитии его в рамках разных научных традиций.

Методология исследования качества жизни включает два основных подхода – субъективный и объективный или их сочетание. В западных исследованиях преобладают субъективные измерения, основанные на регулярных массовых опросах населения или оценках экспертов. В этих работах качество жизни связывают с субъективным восприятием индивидуального благополучия [Anderson, 2004; Garratt, Schmidt, Mackintosh, Fitzpatrick, 2002; Sirgy, 2012; Woo, 2017]. Среди наиболее известных субъективных подходов к определению качества жизни следует отметить определение Всемирной организации здравоохранения, в котором качество жизни понимается как восприятие людьми своего положения в жизни в зависимости от культурных особенностей и системы ценностей и в связи с их целями, ожиданиями, стандартами и заботами [Quality of Life ..., 2000].

С точки зрения объективного подхода качество жизни определяется по ряду объективных показателей (статистических данных). Проблемы измерения качества жизни по объективным показателям занимался, например, В. Форестер, предложивший рассчитывать интегральный индекс по пяти глобальным индикаторам: численность населения, количество накопленного капитала, доля капитала в сельском хозяйстве, количество имеющихся природных ресурсов и загрязнение окружающей среды обитания [Forester, 1974]. Качество жизни в объективном подходе определяется системой показателей, каждый из которых дает представление о какой-либо одной стороне жизни населения. Опора на статистические данные имеет свои достоинства, но и отличается целым рядом известных недостатков.

В России исследования качества жизни начались в конце XX века. Возросшее внимание российских исследователей к данной проблематике связа-

но, как с падением благосостояния значительной части населения, так и необходимостью выявить объективные изменения, происходящие в условиях рыночной экономики. В настоящее время имеется достаточно большое число теоретических и прикладных исследований, в которых сформулированы концептуальные основы исследования качества жизни [Айвазян, 2002, 2012; Бестужев-Лада, 1978; Бобков, 2005, 2017; Бобков, Квачев, Субетто, Щербакова, 2016; Рященко, 2012; Субетто, 1991]. Попытки найти объективные показатели качества жизни сочетаются с пониманием необходимости учета субъективных ощущений человека. Качество жизни отражает ценностные отношения и является, несомненно, оценочной категорией. По сути дела, проблема качества жизни – это проблема его измерения и оценки с тех или иных позиций. В зависимости от того, кто выступает в качестве субъекта оценки – сам человек или какие-то внешние структуры, будет меняться перечень свойств и признаков, отражающих качество жизни.

**Методика исследования.** Работа основана на материалах социологических исследований, проводимых авторами с 2015 по 2016 гг. в сельской местности Ставропольского края на территории шести сельских муниципальных районов-ключей.

Сельская местность Ставропольского края по ряду показателей неоднородна. Поэтому была выдвинута гипотеза о том, что качество жизни будет различаться в пригородных районах, то есть втянутых в орбиту больших и крупных городов (Шпаковский, Предгорный) и в периферийных, удаленных от наиболее крупных экономических центров края и занимающих окраинное положение и т. п. Сельские муниципальные районы различаются по характеру этнической структуры (полиэтничные, моноэтничные, типичные для края), демографической ситуации (устойчивый или неустойчивый естественный прирост, устойчивый отрицательный естественный прирост), динамике численности занятых в экономике, положению в ареале края (окраинное, центральное). В качестве единиц отбора были взяты следующие сельские административные районы с учетом указанных параметров (табл. 1).

Всего было опрошено 412 человек. В каждом районе числе опрошенных было примерно одинаково. Опрос проводился по месту жительства. Отбор производился методом стихийной выборки.

Выяснение достаточности объема выборки было выполнено по одной из имеющихся в литературе методик [Колкот, 1978]. Была проделана следующая процедура расчетов. Выборочная совокупность была разбита на группы случайным образом. Было получено 20 групп по 20 единиц. Объем выборки определялся 3 раза для трех основных признаков: 1 – оценки своего материального положения как хорошего и удовлетворительного; 2 – возможности этнических конфликтов в ближайшее время, 3 – планированию переезда в ближайшее время на другое место жительства.

В каждой группе были определены степени встречаемости –  $x$  основного интересующего нас признака и подсчитаны их индивидуальные отклонения от среднего арифметического  $\bar{x} - x$ .

$$\bar{x} = \frac{a}{A}, \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n},$$

где  $A$  – число единиц в группе,  $a$  – число единиц в группе, обладающее данным признаком;  $n$  – число групп.

Выборочная дисперсия  $\sigma^2$  вычислялась по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1},$$

а необходимое число анкет  $N$  – по формуле:

$$N = A \left( \frac{tP}{\varepsilon} \right)^2 \cdot \sigma^2.$$

Критерий Стьюдента  $tP$  был принят равным 1,96, при этом полагалось, что отклонение  $x$  от истинного значения измеряемой величины  $\varepsilon$  не превышает 0,05 при доверительной вероятности  $P$ , равной 0,95. Необходимое число анкет по первому признаку оказалось равным:

Таблица 1

Характеристика районов-ключей

Район	ЭГП	Этническая структура	Демографическая ситуация	Динамика занятых в экономике
Шпаковский	Пригородный	Типичная для края	Неустойчивый естественный прирост	Рост числа занятых
Красногвардейский	Окраинное	Моноэтничная	Устойчивый отрицательный естественный прирост	Рост числа занятых
Апанасенковский	Окраинное	Моноэтничная	Устойчивый отрицательный естественный прирост	Сокращение числа занятых
Андроповский	Центральное	Типичная для края	Неустойчивый естественный прирост	Рост числа занятых
Нефтекумский	Окраинное	Полиэтничный	Устойчивый естественный прирост	Сокращение числа занятых
Предгорный	Пригородное	Полиэтничный	Неустойчивый положительный естественный прирост	Рост числа занятых

$$N = 20 \left( \frac{1,96}{0,05} \right)^2 \cdot 0,0147 = 452,$$

по второму признаку

$$N = 20 \left( \frac{1,96}{0,05} \right)^2 \cdot 0,009 = 277,$$

по третьему признаку

$$N = 20 \left( \frac{1,96}{0,05} \right)^2 \cdot 0,0168 = 516.$$

Таким образом, было подтверждено, что проведенная выборка в основном достаточна для целей нашего исследования. Опрос населения проводился в форме интервью по заранее разработанной анкете.

Анкета для опроса населения включала 56 вопросов, преобладающее большинство из них имело закрытую и полужакрытую форму. Структура опросников была нацелена на выявления параметров качества среды жизни (уровень материального благосостояния, условия труда, быта, отдыха) и параметров качества населения (физический, профессионально-интеллектуальный, организационно-предпринимательский, культурно-нравственный капитал, развитость гражданского общества и участие в общественно-политических процессах, толерантность и характер межэтнических отношений). Выявление социально-экономического положения населения относилось, в первую очередь, к современному состоянию и оценивалось по ряду показателей: характер, состояние и благоустроенность жилищных условий; наличие работы, ее доходность; наличие подсобного хозяйства, личного транспорта, новационных предметов быта, оценка респондентом уровня своего благосостояния и др.

Для получения более полной картины использовались методы экспертного опроса. В качестве экспертов выступили наиболее авторитетные представители из числа местных жителей, владеющие определенной информацией в силу своего профессионального опыта – главы районных администраций, чиновники муниципальных органов управления, руководители сельхозпредприятий, представители сельской интеллигенции, старожилы. Всего было опрошено 16 экспертов. Опросный лист включал 25 вопросов, посвященных состоянию демографической и миграционной ситуации, оценке социально-экономического развития и уровня жизни населения района.

Обработка полученной информации осуществлялась с помощью автоматизированного программного комплекса «Анкета», разработанного при участии авторов данного исследования<sup>4</sup>. Ранжирование оценок производилось с помощью оценочного алгоритма, разработанного одним из авторов [Тикунов, 1997].

**Обсуждение результатов.** В сельском хозяйстве работают более 50% занятого населения, в промышленности – 1,5%, в третичном секторе экономики доля занятых составляет около 30%. Не все сельяне могут трудоустроиться по специальности, поскольку спрос на рабочую силу не может удовлетворить предложение. Официальный уровень безработицы около 2%, но реальный более чем в 2 раза больше. Ситуация на рынке труда привела к появлению новых форм занятости. Первой реакцией на отсутствие рабочих мест было стремление найти их в других местах. Потоки трудовых мигрантов чаще всего направлены в промышленные города края, Москву и Западную Сибирь. Результаты социологического опроса показывают, что постоянная работа на официальной основе является основным источником доходов. Неофициально трудятся 7% населения, «шабашат» – 5%, работают в собственном крестьянско-фермерском хозяйстве 7% населения, имеют свой бизнес 2% опрошенных, не работают и не зарегистрированы в службе занятости – около 5%.

Такое новое для России явление, как обработка собственного земельного пая, практически не получило распространения, его либо сдают в аренду, либо продали. Основными мотивами отказа от собственной обработки надела являются недоступность дорогостоящей техники и большие трудозатраты. Личное подсобное хозяйство – традиционный способ материальной поддержки сельских жителей. Его имеют более 80% опрошенных. Реализацией продукции ЛПХ занимаются не более 60% домохозяйств. Продают, в основном, молоко, мясо, очень редко – овощи и фрукты. В плане реализации собственной продукции крестьяне чувствуют себя неудовлетворенными, так как подавляющую ее часть они вынуждены продавать так называемым «перекупщикам», что, конечно, снижает их возможные доходы. На Ставрополье сложилась целая система взаимоотношений продавец – перекупщик – покупатель, и в ней самыми уязвимыми остаются именно продавцы, которые с большим удовольствием и выгодой для себя реализовывали бы продукцию работающим местным перерабатывающим пищевым предприятиям. Вместе с тем, углубленные опросы показали, что наметилась тенденция снижения роли личного подсобного хозяйства в сельской экономике. Респонденты отмечают, что больших доходов личное подсобное хозяйство не приносит, а его трудоемкость неоправданно высока, поэтому доля населения, занимающегося подсобным хозяйством, сокращается, расширять его планируют не более 20% респондентов. Некоторые преимущества, по сравнению с периферийными поселениями, имеют жители пригородных сел, имеющие более сфокусированный и выгодный рынок сбыта своей продукции. В пригородных селах растут сельскохозяйственные предприятия, да и продукция, производимая в личных подсобных хозяйствах, востребована. Как отмечают большинство респондентов

<sup>4</sup> Автоматизированный комплекс «Анкета1.0» // М.: ВНИИЦ, 2003. № 50200300133.

и экспертов, положительная динамика в экономическом развитии села связана почти исключительно с ростом торговли и появлением предприятий малого бизнеса. Перспективной точкой роста, по их мнению, могла бы стать промышленность по переработке сельскохозяйственного сырья.

По материальному положению сельское население можно разделить на три группы – с низким, средним и высоким уровнем доходов. Преобладает население со средним и низким уровнем благосостояния; 9% населения «живут хорошо, без особых материальных проблем», при этом у 42% материальное положение за последние 10 лет улучшилось. Одновременно большая доля населения (33%) «едва сводят концы с концами» или живут за гранью бедности, ухудшилось материальное положение за последние 10 лет у 15% населения. По сравнению с данными более ранних опросов [Щитова, 2012], усилились диспропорции в уровне материального благосостояния населения – доля бедного населения увеличилась, и возросла доля относительно состоятельных.

Сложилось так называемое «географическое неравенство». Больше всего благополучных в материальном отношении жителей концентрируется в крупных селах, административных центрах. Здесь же и наименьшее число бедных. Второе место по уровню жизни занимают пригородные поселения. Хуже всего дело обстоит в периферийных небольших селах (табл. 2).

Пригородные села концентрируют население со средним уровнем материального положения. Близость к рынкам труда и сбыта сельскохозяйственной продукции позволяет населению использовать эти преимущества. Многие жители перешли в категорию маятниковых мигрантов и работают на городских предприятиях, часть населения занимается производством сельскохозяйственной продукции, пользующейся высоким спросом в городах. Именно в пригородных селах повышена доля мелких предпринимателей. Средний уровень благосостояния складывается в поселениях с крупными сельхозпредприятиями. Доход работника складывается из зарплаты в денежном выражении, оплаты натураль-

ными продуктами, кроме того, они имеют социальный пакет, гарантирующий некоторые социальные блага. Все это обеспечивает устойчивый среднестатистический уровень жизни. В таких местах постепенно отпадает необходимость содержания большого личного подсобного хозяйства, многие сокращают его объемы или даже полностью отказываются от его ведения.

В периферийных селах преобладает бедное население, многие из которых находятся на грани нищеты. В таких «упавших» селах экономические новации не развиты, преобладают пассивные слои населения.

Следует отметить формирование новой социальной стратификации сельского населения, которая определяется сочетанием пяти основных факторов – материальное положение, социальные качества («пьющие и непьющие», «работящие и ленивые»), занятость и профессиональная принадлежность, близость к власти (руководители, представители администрации, сельская интеллигенция, «простые сельские», предприниматели), принадлежность к коренному населению (местные или коренные жители и мигранты). Опираясь на эти критерии, можно говорить о появлении «сельского среднего класса», который включает предпринимателей, фермеров и менеджмент сельхозпредприятий высшего и среднего звена. Возможность перейти в эту группу появляется и у части населения, принявшей рыночные правила и пытающейся через мелкотоварное производство получать более или менее стабильный денежный доход, который в сочетании с потреблением собственных продуктов питания позволяет сохранить достойный уровень жизни. Особую группу населения составляет сельская «бюджетная» интеллигенция – работники образования, культуры и здравоохранения. Для этой категории населения характерны достаточно высокая самооценка, развитые материальные и духовные потребности, приверженность к культурным ценностям. Однако низкая заработная плата не способствует росту благосостояния, многие сельские интеллигенты вынуждены вести личное подсобное хозяйство, оказывать частные услуги населению и живут скромно.

Таблица 2

Стратификация населения по уровню материального благосостояния в поселениях разного типа (%)

Уровень благосостояния	Крупное село, административный центр	Пригородное село	Периферийное село
Низкий уровень:	34,7	59,0	79,1
крайне бедные	0,7	–	8,1
бедные	5,3	14,0	40,7
умеренно бедные	7,4	19,8	14,0
условно бедные	21,3	25,2	16,3
Средний уровень:	54,6	61,2	17,4
неустойчивый	25,3	40,0	9,3
устойчивый	29,3	21,2	8,1
Высокий уровень:	9,7	1,0	3,5
состоятельные	7,3	1,0	3,5
богатые	2,4	–	–

Условия для отдыха в сельской местности не созданы, вследствие чего, рекреационные потребности населения развиты слабо. Даже в среде благополучных в материальном отношении слоев населения дальние рекреационные перемещения редки (табл. 3).

Таблица 3

**Рекреационные занятия населения  
Ставропольского края**

Виды занятий	%
Занятия домашним хозяйством	73,3
Чтение газет	27,6
Чтение художественной литературы	31,9
Просмотр ТВ	60,4
Походы в гости	34,6
Занятия спортом	7,5
Посещение кино, концертов, театров	1,6
Посещение ресторанов, стадионов, дискотек и т. п.	4,9
Туризм	2,0

Обеспеченность бытовой техникой в разных социальных группах неодинакова. Основная часть селян пользуются стандартным набором предметов первой необходимости (телевизор, холодильник, стиральная машина). Постепенно проникают и другие, более современные предметы, но широкого распространения не получают. Самое популярное новшество – мобильные телефоны, которыми владеют даже представители бедных слоев. По данным опросов, обеспеченность мобильными телефонами достигает 94%. Заметен рост компьютерных услуг, в том числе Интернета (табл. 4). Довольно много владельцев личными автомобилями. В ряде случаев автомобили есть даже у самых необеспеченных граждан, однако куплены они более 20 лет назад. Как показывают углубленные опросы, это так называемые «новые бедные», то есть люди, материальное положение которых резко ухудшилось в период экономических трансформаций.

Общая оценка качества населения неоднозначна. Показатели, характеризующие демографические аспекты (воспроизводство, продолжительность жизни, здоровье), имеют довольно высокие значения. Более 90% респондентов оценили состояние своего здоровья как «хорошее» или «скорее хорошее, чем плохое». Одновременно, многие из них считают, что

в последнее время в целом состояние здоровья селян начало ухудшаться за счет распространения алкоголизма и табакокурения. Показательно, что чем ниже уровень благосостояния населения, тем хуже у них физическое здоровье. Выше всего свое здоровье оценили жители районных центров. Но социокультурные параметры, отражающие креативные способности населения, степень модернизации повседневной жизни, снижены. Медленно распространяются новые формы хозяйственной деятельности. Понижена социальная мобильность, не сформирована готовность к приложению усилий для повышения своего благосостояния. В сфере трудовой деятельности распространены иждивенческие настроения: дается положительная оценка содержанию, условиям и организации труда, но не удовлетворяет его оплата.

Налицо признаки структурной безработицы – на фоне некоторой избыточности рабочей силы отмечается недостаток квалифицированных кадров, особенно специалистов-механизаторов, работников в сфере образования, медицины, культуры и спорта. Накопление креативного человеческого потенциала, сосредоточенного в сфере образования и культуры. Благодаря активности профессиональных педагогических коллективов, многие школы превратились в центры культурной жизни поселений, через которые продвигаются общественно полезные инициативы. Мощным фактором преодоления отсталости стала интернетизация школ, повлиявшая на уровень информационной культуры не только школьников, но и других слоев общества. Имеется положительный опыт деятельности сельских библиотек, которые, в ряде случаев, модернизируются за счет участия в грантовых проектах и становятся точками культурного роста.

Культурно-духовная сфера жизни отодвинута на второй план. Общественно-политическая активность населения понижена. Население интересуется политикой, преимущественно, в пассивной форме, через обсуждение с друзьями политических новостей, источником которых является телевидение. В рейтинге наиболее злободневных проблем общественной жизни лидируют снижение жизненного уровня, рост инфляции и безработица. Жизненные ценности селян достаточно стандартны. Они ставят на первое место здоровье (более 80% ответов), на второе – семью (62%) и на третье – материальный достаток (55%). Абсолютно неактуальны слава, карьера, признание окружающих.

Таблица 4

**Обеспеченность сельского населения с разным уровнем материального достатка предметами бытовой техники, %**

Уровень обеспеченности	Есть все современные предметы	Есть все предметы, но многое устарело	Есть отдельные предметы	Практически нет ничего
Низкий	0	35,3	14,7	50,0
Средний	37,5	18,8	43,8	0
Высокий	100,0	0	0	0
Всего	10,3	31,0	19,5	39,1

Жители сел в своей основной массе довольно толерантны. Религиозная и этническая ксенофобии не имеют массового распространения. Почти 30% селян не возражают против близких, дружеских, а 10% и родственных отношений с представителями другой национальности или веры.

Качество среды жизни сельского населения высоко. Преобладают одноэтажные дома, построенные более 10 или даже 50 лет назад, новых менее 20%. Общая площадь колеблется от 30 до 100 м<sup>2</sup>, но чаще не более 50 м<sup>2</sup>. Жилье имеет минимальные удобства – до 90% с газом и водопроводом, 60% с канализацией и телефоном [Управление ..., 2018]. Обычны приусадебные участки, у многих есть огороды (около 40%).

Неудовлетворителен, по мнению жителей, уровень социальной инфраструктуры, особенно здравоохранения. Повсеместен дефицит врачей, среднего медицинского персонала. Эксперты также обращали внимание на низкий уровень оказываемой медицинской помощи, вследствие чего население все больше пользуется услугами медицинских учреждений, расположенных за пределами мест жительства. Не развито среднее профессиональное образование. Высока потребность школ в учительских кадрах, многие педагоги нуждаются в жилье. Отсутствует рекреационная инфраструктура. Эксперты указывают на неудовлетворительную обеспеченность общественным транспортом и плохую дорожную сеть.

В такой ситуации неудивительно, что в городскую местность с более комфортными условиями жизни хотели бы переехать сами или переселить своих детей до 60% респондентов. Особенно неблагоприятны подобные условия для молодежи. Молодое население сельской местности, покидая на время свой населенный пункт для получения высшего образования, чаще всего не возвращается обратно. На самом деле миграционные настроения имеют гораздо более серьезные масштабы. Почти половина из тех, кто не планирует переезд, хотели бы уехать, но у них нет на это средств. Следовательно, можно предположить, что отток населения из сел, скорее всего, будет иметь место и в будущем. Одним из факторов достаточно крепко «привязывающих» население к территории, является высокая обеспеченность жильем, несмотря на его пониженную благоустроенность, по сравнению с городскими домами и квартирами.

#### **Выводы:**

– категория качества жизни населения рассматривается как функция человеческой деятельности и характеризует ее эффективность с точки зрения удовлетворения потребностей. Важной чертой по-

нятия «качество жизни» является его относительность. В зависимости от преобладания того или иного типа образа жизни, пространственных рамок анализа, оценки параметров качества жизни могут существенно меняться. Качество жизни как интегральная категория, включает две основные составляющие – качество населения и качество среды жизни. Статистические данные, лежащие в основе «объективах оценок», не дают полноценного представления о реальной ситуации, в связи с чем необходимость включения в анализ «субъективных оценок» усиливается;

– качество жизни сельского населения Ставропольского края заметно дифференцировано в зависимости от величины и экономико-географического положения поселения. Наилучшими показателями характеризуется качество жизни в более крупных селах, селах, выполняющих административные функции и селах, расположенных в границах городских агломераций. Таким образом, ключевыми факторами качества жизни сельского населения следует считать тип населенного пункта, удаленность от крупных транспортных магистралей и от административных и экономических центров;

– для качества населения, проживающего в сельской местности Ставропольского края, характерны несколько тенденций: снижение показателей демографического потенциала, некоторое повышение культурного уровня, стагнация уровня материального благосостояния и медленное развитие экономической активности. Использование критериев уровня материального благосостояния и социальной стабильности позволяет, с некоторой долей условности, выделять среди сельских жителей небольшой слой «среднего класса»;

– социально-экономическая среда жизни селян трансформируется под влиянием проникновения внешних инноваций и внутренних процессов. В мелких и удаленных от транспортных магистралей поселениях сокращается людность и деградируют социальная инфраструктура и жилой фонд. Покинутые дома забрасываются и практически никак не используются. Самые быстрые позитивные изменения происходят в пригородных поселениях, втянутых в агломерационные процессы. К инновационным процессам их развития относятся: распространение сетевых торговых предприятий, компьютеризация, проникновение Интернета, появление современных бытовых новшеств. Распространение самозанятости среди селян обусловило формирование новых форм территориальной организации в области транспортных перевозок, торговли и общественного питания, бытового обслуживания, заменяющих утрачиваемые государственные предприятия.

*Благодарности.* Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 16-06-00179).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айвазян С.А.* Анализ синтетических категорий качества жизни населения субъектов Российской Федерации: их измерение, динамика, основные тенденции // *Уровень жизни населения регионов России*. 2002. № 11. С. 1–38.
- Айвазян С.А.* Анализ качества и образа жизни населения (эконометрический подход). М.: Наука, 2012. 432 с.
- Бестужев-Лада И.В.* Методологические проблемы исследования качества, уровня и образа жизни // *Современные концепции уровня, качества и образа жизни*. М.: ИСИ АН СССР, 1978. С. 20–21.
- Битюкова В.Р. и др.* Восток–запад Москвы: пространственный анализ социально-экологических проблем. М.: Географический факультет МГУ, 2016. 70 с.
- Бобков В.Н.* Управление качеством жизни // *Проблемы теории и практики управления*. 2005. № 3. С. 117–122.
- Бобков В.Н.* Уровень и качество жизни в российском обществе: 2014–2016 гг. // *Российский экономический журнал*. 2017. № 6. С. 79–94.
- Бобков В.Н., Квачев В.Г., Субетто А.И., Щербакова О.И.* Научные школы исследования качества жизни и обусловленных им социальных структур в России // *Уровень жизни населения регионов России*. 2016. № 4(202). С. 7–23.
- Касимов Н.С. и др.* Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. М.: ИП Филимонов М.В., 2014. 560 с.
- Колкот Э.* Проверки значимости. Перевод с англ. М.: Статистика, 1978. 128 с.
- Рященко С.В.* Качество жизни в антропоэкологическом измерении // *География и природные ресурсы*. 2012. № 3. С. 118–125.
- Субетто А.И.* Квалиметрия жизни (Проблемы измерения качества жизни и пути их решения). Л.: ЛДНТП, 1991. 102 с.
- Тикунов В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М.– Смоленск: Изд-во СГУ, 1997. 367 с.
- Управление Федеральной службы государственной статистики по Ставропольскому краю, Карачаево-Черкесской Республике, Кабардино-Балкарской Республике. URL: <http://stavstat.gks.ru/> (дата обращения 01.11.2018).
- Щитова Н.А.* Постсоветские трансформации образа жизни сельского населения Ставропольского края // *Региональные исследования*. 2012. № 3(37). С. 88–94.
- Щитова Н.А., Полушковский Б.В.* Методологические подходы к географическому изучению качества жизни // *Проблемы региональной экологии*. 2008. № 5. С. 47–53.
- Anderson R.* Quality of Life in Rural Europe // Irish Presidency Conference «Improving living conditions and quality of life in rural Europe». Dublin, Ireland, 2004. P. 3–47.
- Eppler E.* Die Zeitstreif // *Neue Gesellschaft: Frankfurter Hefte*. 2007. № 11. P. 32–38.
- Forester W.* World Dynamics. Cambridge, 1974.
- Garratt A., Schmidt L., Mackintosh A., Fitzpatrick R.* Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures // *British Medical J.* 2002. V. 324. № 7351. P. 1417–1419.
- Girardet H.* Cities People Planet: Liveable Cities for a Sustainable World. John Wiley and Sons, 2004. 304 p.
- Quality of Life – A Concept Paper: Defining, Measuring and Reporting. Quality of Life for Canadians // TBS staff working paper. 2000. URL: <http://www.statcan.ca/english/concepts/qol/index.html> (дата обращения 01.11.2018)
- Quality of life counts. Indicators for a strategy for sustainable development for the United Kingdom: a baseline assessment // Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2004. 357 p.
- Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. United Nations. New York, 1996. 428 p.
- Ravetz J.* City Region 2020. Integrated Planning for a Sustainable Development, Earth scan, 2000. 307 p.
- Sirgy M.J.* The Psychology of Quality of Life. New York–London: Science Business Media B.V., 2012. 164 p.
- Woo J., Chan R., Leung J., Wong M.* Relative Contributions of Geographic, Socioeconomic, and Life style Factors to Quality of Life, Frailty, and Mortality in Elderly. [Electronic resource]. Access mode: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008775>.
- Zetterberg H.L.* On Theory and Verification in Sociology.

Поступила в редакцию 26.01.2018

После доработки 15.04.2018

Принята к публикации 06.12.2018

**N.A. Shchitova<sup>1</sup>, V.S. Belozero<sup>2</sup>, V.S. Tikunov<sup>3</sup>**

**SOCIO-ECONOMIC COMPONENT OF THE ASSESSMENT  
OF THE QUALITY OF LIFE OF RURAL POPULATION  
IN THE STAVROPOL KRAI**

Socio-economic components of «life quality» of the population are analyzed for the rural area in a typical South Russian region. The concept of «life quality» is considered using the integrative approach which combines subjective and objective assessments. The major source of empirical data is field studies, including population and expert surveys carried out in the Stavropol Krai. The obtained data reflect the subjective perception of life quality by villagers; in some cases it was supplemented with official statistics. Economic indicators, i.e. the level of financial well-being and the indicators describing socio-cultural and recreational spheres of life in settlements with different population numbers and economic-geographical position were also analyzed. The main parameters of life quality demonstrate involvement of rural residents

<sup>1</sup> North Caucasus Federal University, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and Tourism, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: [stavgeo@mail.ru](mailto:stavgeo@mail.ru)

<sup>2</sup> North Caucasus Federal University, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and Tourism, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: [vsbelozero@yandex.ru](mailto:vsbelozero@yandex.ru)

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: [tikunov@geogr.msu.ru](mailto:tikunov@geogr.msu.ru)

into modernization development, which has both positive and negative effects associated with the destruction of traditional way of life and the decrease in demographic potential. At the same time there is also gradual development of features that ensure successful socio-economic adaptation to new conditions. The quality of living environment is getting deformed under the influence of positional factors, leading to the differentiation of rural settlements into prospecting and unpromising ones.

*Key words:* quality of population, quality of life environment, objective assessment of the quality of life, subjective assessment of the quality of life, rural area, southern part of the European Russia, Stavropol Krai

*Acknowledgements.* The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 16-06-00179).

## REFERENCES

- Ajvazjan S.A.* Analiz sinteticheskikh kategorij kachestva zhizni naselenija subektov Rossijskoj Federacii: ih izmerenie, dinamika, osnovnye tendencii [Analysis of synthetic categories of population's life quality in the regions of the Russian Federation: their measurement, dynamics and main trends] // *Uroven' zhizni regionov Rossii*. 2002. № 11. P. 1–38. (In Russian)
- Ajvazyan S.A.* Analiz kachestva i obraza zhizni naseleniya (ekonomometricheskij podhod [Analysis of the quality and lifestyle of the population (econometric approach)]. M.: Nauka, 2012. 432 p. (In Russian)
- Anderson R.* Quality of Life in Rural Europe // Irish Presidency Conference «Improving living conditions and quality of life in rural Europe». Dublin, Ireland, 2004. P. 3–47.
- Bestuzhev-Lada I.V.* Metodologicheskie problemi issledovaniya kachestva, urovnja i obraza zhizni [Methodological problems of quality, standard and lifestyle research] // *Sovremennye koncepcii urovnja, kachestva i obraza zhizni*. ISI AN SSSR. M., 1978. P. 20–21. (In Russian)
- Bityukova V.R. et al.* Vostok-zapad Moskvy: prostranstvennyy analiz socialno-ekologicheskich problem [East – West Moscow: spatial analysis of social and environmental issues]. M.: Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University] M., 2016. 70 p.
- Bobkov V.* Upravlenie kachestvom zhizni [Quality of life management] // *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 2005. № 3. P. 117–122. (In Russian)
- Bobkov V.N.* Uroven i kachestvo zhizni v rossijskom obshchestve: 2014–2016 [Standard and quality of life in the Russian society: 2014–2016] // *Russian Economic J*. 2017. № 6. P. 79–94. (In Russian)
- Bobkov V.N., Kvachev V.G., Subetto A.I., Shcherbakova O.I.* Nauchnye shkoly issledovaniya kachestva zhizni i obuslovlennyh im socialnyh struktur v Rossii [Scientific schools studying the quality of life and resulting social structures in Russia] // *The standard of living of the population of the regions of Russia*. 2016. № 4(202). P. 7–23. (In Russian)
- Colcot E.* Significance tests. Translation from English. Moscow: Statistics, 1978. 128 p.
- Eppler E.* Die Zeitstreif // *Neue Gesellschaft: Frankfurter Hefte*, 2007. № 11. P. 32–38.
- Forester W.* World Dynamics. Cambridge, 1974.
- Garratt A., Schmidt L., Mackintosh A., Fitzpatrick R.* Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures // *British Medical J*. 2002. V. 324. № 7351. P. 1417–1419.
- Girardet H.* Cities People Planet: Liveable Cities for a Sustainable World. John Wiley and Sons, 2004. 304 p.
- Quality of Life – A Concept Paper: Defining, Measuring and Reporting. Quality of Life for Canadians // TBS staff working paper, 2000. URL: <http://www.statcan.ca/english/concepts/qol/index.html> (01.11.2018).
- Quality of life counts. Indicators for a strategy for sustainable development for the United Kingdom: a baseline assessment // Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2004. 357 p.
- Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. United Nations, New York, 1996. 428 p.
- Kasimov N.S. et al.* Regiony i goroda Rossii: integralnyaya otchenka ekologicheskogo sostoyaniya [Regions and towns of Russia: integral assessment of the state of the environment]. M.: IP Filimonov M.V., 2014. 560 p. (In Russian)
- Ravetz J.* City Region 2020. Integrated Planning for a Sustainable Development, Earth scan, 2000. 307 p.
- Ryashchenko S.V.* Kachestvo zhizni v antropoekologicheskom izmerenii [Quality of life in the anthro-ecological dimension] // *Geography and natural resources*. 2012. № 3. P. 118–125. (In Russian)
- Subetto A.I.* Kvalimetriya zhizni (Problemy izmereniya kachestva zhizni i puti ih resheniya) [Qualimetry of life (Problems of measuring the quality of life and ways to solve them)]. L: LDNTP, 1991. 102 p. (In Russian)
- Shchitova N.A.* Postsovetskie transformacii obraza zhizni sel'skogo naseleniya Stavropol'skogo kraja [Post-Soviet transformation of lifestyle of the rural population in the Stavropol Krai] // *Regiona'nyye issledovaniya*. 2012. № 3(37). P. 88–94. (In Russian)
- Shchitova N.A., Polushkovskij B.V.* Metodologicheskie podhody k geograficheskomu izucheniju kachestva zhizni [Methodological approaches to the geographical study of the quality of life] // *Problemy regional'noj ekologii*. 2008. № 5. P. 47–53. (In Russian)
- Sirgy M.J.* The Psychology of Quality of Life. New York-London: Science Business Media B.V., 2012. 164 p.
- Tikunov V.S.* Klassifikacii v geografii: renessans ili uvjadanie? (Opyt formal'nyh klassifikacij) [Classification in geography: renaissance or fading? (The experience of formal classifications)]. M.-Smolensk: Izd-vo SGU, 1997. 367 s. (In Russian)
- Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Stavropol'skomu kraju, Karachaevsko-Cherkesskoj Respublike, Kabardino-Balkarskoj Respublikej [Department of the Federal Service of State Statistics for the Stavropol Krai, Karachai-Cherkess Republic and Kabarda-Balkar Republic]. URL: <http://stavstat.gks.ru/> (01.11.2018). (In Russian)
- Woo J., Chan R., Leung J., Wong M.* Relative Contributions of Geographic, Socioeconomic, and Lifestyle Factors to Quality of Life, Frailty, and Mortality in Elderly. [Electronic resource]. Access mode: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008775>.
- Zetterberg H.L.* On Theory and Verification in Sociology.

Received 26.01.2018

Revised 15.04.2018

Accepted 06.12.2018

УДК 911.3

А.А. Ткаченко<sup>1</sup>, И.П. Смирнов<sup>2</sup>, А.А. Смирнова<sup>3</sup>

## ТРАНСФОРМАЦИЯ СЕТИ ЦЕНТРОВ СЕЛЬСКОГО РАССЕЛЕНИЯ В НИЗОВОМ РАЙОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Рассматривается совокупность центров расселения (ЦР) Старицкого района Тверской области по состоянию на середину 1980 и начало 2016 гг. ЦР выделяются в соответствии с расположением органов управления и объектов социальной инфраструктуры. Выделено 6 классов ЦР: от центров управления с полным набором объектов обслуживания до «рядовых» сельских населенных пунктов (СНП) с минимальным набором не особо значимых объектов. Для анализа изменений статуса пунктов использованы «матрицы переходов». Исследование показало, что сеть ЦР, как и вся сеть СНП, находится в состоянии деградации. За 36 лет общее число ЦР уменьшилось почти в 3 раза, а большинство СНП, сохранивших центральные функции, переместились вниз по ступеням иерархии ЦР. В то же время ЦР значительно более стабильны, чем остальные населенные пункты, их лидирующее положение в сети СНП района заметно усилилось.

*Ключевые слова:* сельские населенные пункты, функции населенных пунктов, центры расселения, сети населенных пунктов и центров расселения, структура и трансформация сетей, «матрица переходов»

**Введение.** Отражением процессов трансформации в сельском расселении служат изменения в сети центров расселения (ЦР), под которыми понимаются населенные пункты, где располагаются какие-либо социально значимые объекты, способные притягивать жителей других населенных пунктов. К числу таких объектов, которые мы называем организаторами пространства, относятся места приложения труда, места получения услуг, органы власти. Наличие этих объектов придает населенному пункту центральные функции и превращает его в центр расселения [Ткаченко, 2018]. Центры различаются по набору находящихся в них социально значимых объектов: чем разнообразнее эти объекты и чем больше их число, тем выше ранг центра.

Совокупность центров расселения в пределах какой-то территории образует сеть ЦР. Эта сеть составляет часть сети населенных пунктов, ее командный состав. Изменения в сетях населенных пунктов и ЦР взаимообусловлены. Например, снижение людности сельских населенных пунктов (СНП) и исчезновение части из них ведут к упрощению функций ЦР, что, в свою очередь, ускоряет процесс деградации окружающих СНП.

Изменения в сети СНП многократно описаны в научной литературе [Алексеев, Сафронов, 2015; Зубаревич, 2013 и др.]. ЦР изучены значительно хуже, поскольку ни в каких статистических материалах не содержатся данные о функциях отдельных СНП. Получить такую информацию можно только экспе-

диционным путем. Особенно трудно собрать данные о функциях, которые населенные пункты выполняли в прошлом. Но без этого невозможно понять, что происходит с отдельными ЦР и со всей их совокупностью в пределах района или другой территории. Данные о числе объектов социальной инфраструктуры (в области, районе, «сельском поселении») – без указания на локализацию – для изучения ЦР не подходят: в одном центре может находиться несколько (и даже много) однотипных объектов.

Трудности получения ретроспективной информации о размещении объектов – организаторов пространства ограничивают возможности изучения процессов, происходящих в сети ЦР. Не вдаваясь в тонкости соотношения часто используемых понятий «динамика», «развитие», «эволюция», отметим, что все они подразумевают наличие более или менее продолжительных временных рядов данных, позволяющих видеть и общие тенденции, и конкретные особенности протекания изучаемых процессов. В нашем распоряжении имеются подробные данные о функциях СНП Старицкого района Тверской области, выступающего полигоном исследования, за 2 года – 1980 и 2016<sup>4</sup>. Сопоставление этих данных позволяет говорить о том, как изменилась совокупность ЦР в пределах изучаемого района, но не дает представления о том, как протекали эти изменения. Поэтому предмет исследования обозначен как «трансформация сети центров расселения».

**Материалы и методика.** В качестве исходных данных в работе используются:

<sup>1</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail*: at.tver@mail.ru

<sup>2</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail*: ilya.geo2012@yandex.ru

<sup>3</sup> Тверской государственный университет, факультет географии и геоэкологии, кафедра социально-экономической географии и территориального планирования, ст. преподаватель, канд. геогр. н.; *e-mail*: alpresents@mail.ru

<sup>4</sup> Отметим, что данные почти 40-летней давности о локализации всех объектов социальной инфраструктуры большого по площади и многоселенного района представляют большую редкость, по-своему они уникальны.

– перечни административно-территориальных (1980 г.) и муниципальных (2016 г.) образований и их центров,

– списки объектов социальной инфраструктуры за те же годы, полученные в администрации района летом 1980 г. и в январе 2016 г.,

– списки СНП с указанием людности по состоянию на 1 января 1980 г. (данные сельсоветского учета) и на 14 октября 2010 г. (Всероссийская перепись населения) [Населенные пункты ..., 2012].

Использование результатов переписи, прошедшей за 5 с лишним лет до изучаемого времени, вызвано отсутствием более новых списков СНП. В данном исследовании не учитываются населенные пункты, не имеющие постоянного населения. В качестве ЦР не рассматриваются СНП, имеющие объекты обслуживания, но фактически слившиеся с районным центром. Население этих пунктов исключается из общей численности сельского населения района. В тех случаях, когда несколько СНП слились в одно целое, они рассматриваются как единый населенный пункт с их суммарной людностью. В связи со сказанным, число рассматриваемых нами СНП и численность их населения отличаются от официальных данных 1980 и 2010 гг. [Численность населения ..., 2012].

Ранее был обоснован подход к выделению ЦР в сельской местности в соответствии с расположением органов власти и объектов социальной инфраструктуры (сферы обслуживания населения) [Вихрёв, Ткаченко, Фомкина, 2016]. Развал большинства сельскохозяйственных предприятий и нестабильность существования других производственных объектов, а также широкое распространение «нового отходничества» не позволяют рассматривать расположение мест приложения труда в качестве одного из критериев для выделения ЦР в современной российской сельской местности. С небольшими изменениями в данной работе используется методика выделения ЦР, изложенная в указанной статье.

Удобным инструментом для анализа изменений статуса населенных пунктов является так называемая «матрица переходов» [Алексеев, 1978; Архипов, 1988]. Для ее построения основные классификационные признаки изучаемых пунктов необходимо представить в виде дискретного ряда групп (классов), причем набор этих групп (классов) должен быть одинаковым для всех рассматриваемых дат. Обычно матрицы переходов применяются для прогнозирования изменений в структуре расселения. В данной работе мы используем такие матрицы для анализа изменений рангов центров расселения.

Чтобы проследить изменения в сети ЦР, необходимо выделить более или менее универсальные, то есть многократно повторяющиеся группы (классы) центров. Важно, чтобы такие классы могли быть идентифицированы на всех рассматриваемых временных срезах. Разумеется, речь не идет об отражении всех объектов, расположенных в каждом центре. Для определения класса центра следует использовать доминантный подход, предполагающий учет прежде всего важнейших объектов.

Среди разнообразных объектов социальной инфраструктуры наибольшую роль в организации пространства играют объекты образования и здравоохранения. Основными центро- и системообразующими объектами мы считаем школы (полные средние и «основные»), врачебные учреждения (участковые больницы в 1980 г. и офисы врачей общей практики в 2016 г.) и фельдшерско-акушерские пункты (ФАПы). Именно по их наличию можно судить о значении населенного пункта как центра обслуживания, о его способности притягивать население окружающей территории и о его месте в системе расселения.

**Район исследования.** Центром изучаемого района является Старица – малый город с людностью 8,6 тыс. чел. в 2010 г. (в 1979–7,5 тыс. чел.). Как и вся Тверская область, Старицкий район принадлежит к числу наиболее мелкоселенных территорий России. Следует подчеркнуть, что представления о мелко-, средне- и крупноселенности весьма относительны. Если в масштабе всей страны крупными обычно считаются СНП с людностью более 1 тыс. жителей, а малыми – до 200 жителей [Ковалев, 1963, 2003; Алексеев, Сафронов, 2015], то применительно к современному состоянию сельского расселения Тверской области, по нашему мнению, крупными следует считать пункты людностью более 100 чел., а малыми – до 25 чел. (мельчайшими – до 10 чел.). Доля малых СНП в общем количестве СНП Старицкого района (табл. 1) в 1980 г. составляла около 47%, а в 2010 г. – 74% (в том числе мельчайших – 18 и 49%). Доля средних за это время уменьшилась с 44 до 16%, а доля крупных почти не изменилась (9 и 10% соответственно). При этом доля крупных пунктов в общей численности сельского населения увеличилась в полтора раза (с 44 до 66%). Но произошло это не за счет роста численности проживающего в них населения (она увеличилась всего на 630 чел., или на 3% от численности сельского населения района в 1980 г.), а из-за более чем трехкратного уменьшения количества жителей средних СНП. Таким образом, за 30 лет, разделяющих рассматриваемые состояния, степень измельченности сети СНП существенно возросла.

В 1980 г. в районе насчитывалось 33 сельских совета и 36 сельскохозяйственных предприятий (30 колхозов и 6 совхозов). Большая часть сельсоветов территориально совпадала с колхозами или совхозами, а их центры одновременно были и центрами сельхозпредприятий. За вычетом агломерированных центров, в сельской местности района существовало 34 центра управления территорией.

В 2016 г. в районе было всего 8 муниципальных образований первого уровня – так называемых «сельских поселений». Центр одного из них – пригородный СНП, слившийся с райцентром, поэтому в качестве ЦР, выполнявших в это время функции управления, мы рассматриваем 7 СНП.

**Результаты.** В соответствии с наличием объектов социальной инфраструктуры выделено 5 классов центров обслуживания, распределение центров по этим классам показано в табл. 2.

Таблица 1

## Структура рассматриваемого массива сельских населенных пунктов

Группы людности	Число СНП		Численность населения	
	1980	2010	1980	2010
1–5	32	104	85	303
6–10	43	58	341	462
11–25	117	82	1 912	1 370
26–50	122	33	4 472	1 109
51–100	61	21	4 224	1 581
101–200	28	20	3 723	2 906
201–500	5	9	1 243	3 062
Более 500	5	4	3 777	3 405
Всего	413	331	19 777	14 198

«Полные» центры (центры с полным комплексом обслуживания). Это – пункты с полными средними школами и врачебными учреждениями<sup>5</sup>. Во всех этих центрах имеются разнообразные объекты других отраслей обслуживания, причем торговля представлена несколькими магазинами.

«Неполные» центры (центры с неполным комплексом обслуживания), в которых имеется полная или неполная средняя школа, либо врачебное учреждение, а также несколько объектов других отраслей обслуживания.

Центры с ограниченным набором объектов обслуживания: ФАП и несколько других объектов.

«Низовые» центры, имеющие случайный набор не особо значимых (не относящихся к числу системообразующих) объектов обслуживания.

«Элементарные» центры с единичными объектами, не относящимися к числу системообразующих (в основном это – магазины).

Как видно (рис.), общее число центров обслуживания уменьшилось почти в 3 раза. Связано это с резким сокращением числа объектов социальной инфраструктуры. Сокращение затронуло как бюджетные, так и коммерческие (в прошлом – хозрасчетные) отрасли. За годы, разделяющие рассматриваемые даты, закрылись 19 из 36 школ, 29 из 41 ФАПа, все объекты бытового обслуживания. Число населенных пунктов, имеющих магазины, умень-

шилась с 81 до 34, число пунктов с учреждениями культуры – с 60 до 21.

Табл. 3 представляет собой «матрицу переходов» центров обслуживания, позволяющую видеть смену статуса пунктов, а не только изменение числа центров, принадлежащих к каждому классу.

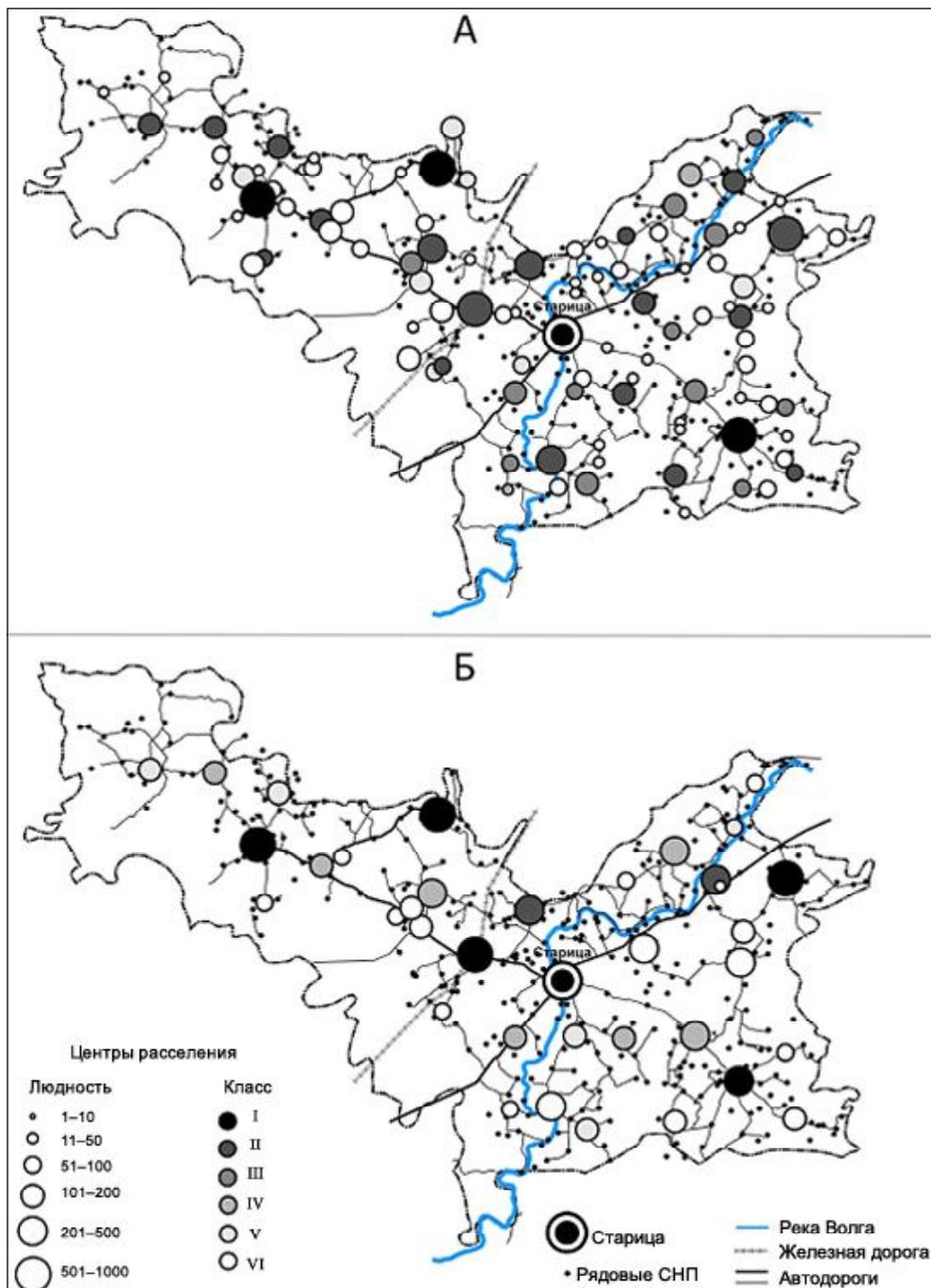
В 2016 г. по сравнению с 1980 г. имелось всего 2 новых («элементарных») центра обслуживания. На протяжении рассматриваемого интервала утратили свои обслуживающие функции 65 из 99 существовавших в 1980 г. центров обслуживания. Более половины от этого числа (38) приходится на центры пятого класса, в котором не осталось ни одного центра, принадлежавшего к нему в 1980 г. Из числа центров четвертого класса перестали существовать 10 из 13 (77%), третьего класса – 16 из 26 (62%) центров, относившихся к этим классам в 1980 г. В то же время, из числа центров второго класса полностью утратил обслуживающие функции лишь один, а первый класс, наоборот, благодаря открытию врачебных учреждений, пополнился двумя центрами. Всего же по состоянию на 2016 г. повысили свой статус 6 центров обслуживания, 10 остались в тех же классах, что и в 1980 г., а большинство (18 из 34) сохранивших какие-либо обслуживающие функции, свой статус снизили. Основная тенденция трансформации сети центров обслуживания состоит в исчезновении центров низ-

Таблица 2

## Классы центров обслуживания (единиц)

Год	Классы центров обслуживания по набору объектов					Всего
	1. «Полные»	2. «Неполные»	3. С ограниченным набором объектов	4. «Низовые»	5. «Элементарные»	
1980	3	19	26	13	38	99
2016	5	9	5	12	5	36

<sup>5</sup> Первоначально предполагалось относить к первому классу центры не только с полными средними, но с «основными» (в 1980 г. – восьмилетними) школами. Однако оказалось, что ни в 1980, ни в 2016 гг. в районе не было ни одного пункта, где бы наряду с такой школой имелось врачебное учреждение.



Центры расселения Старицкого района в 1980 г. (А) и 2016 г. (Б)

Settlement centers of the Staritsa raion in 1980 (А) and 2016 (Б)

Таблица 3

Смена классов центров обслуживания, 1980–2016 гг. (единиц)

Классы 1980 г.	Классы 2016 г.					Утратили функции обслуживания	Всего в 1980 г.
	1	2	3	4	5		
I	3						3
II	2	5	3	8		1	19
III		3	2	4	1	16	26
IV		1				10	13
V						38	38
Не были центрами обслуживания				2			2
Всего в 2016 г.	5	9	5	12	5	65	101
							В 1980 – 99, в 2016 – 36

ших рангов и упрощении состава (снижении класса) оставшихся центров.

Совмещение группировок по функциям управления и обслуживания позволяет выделить следующие классы ЦР (рис.).

I. Центры управления, имеющие полный комплекс объектов обслуживания.

II. Центры управления с неполным комплексом обслуживания.

III. Центры управления с незначительным комплексом обслуживания<sup>6</sup>.

IV. «Рядовые» СНП с неполным комплексом обслуживания.

V. «Рядовые» СНП с «ограниченным набором» объектов обслуживания.

VI. «Рядовые» СНП, являющиеся «низовыми» и «элементарными» центрами обслуживания.

Число центров обслуживания всегда значительно больше, чем число центров управления (в 1980 г. – 99 и 34, в 2016 г. – 36 и 7). Последние, наряду с управленческими, всегда выполняют и функции обслуживания населения, поэтому общее количество ЦР определяется числом центров обслуживания. Однако место СНП в системе расселения определяется не только составом находящихся в нем объектов – организаторов пространства. В некоторых случаях центральность пункта усиливается какими-то особыми обстоятельствами. В Старицком районе 2 пункта, принадлежащих к числу самых крупных СНП района и, бесспорно, являющихся кустовыми центрами, по состоянию на 1980 г., из-за отсутствия врачебных учреждений, не отвечали критериям, принятым для ЦР первого класса. Один из них – бывший райцентр, сохраняющий роль неформального лидера своей части района. Другой

в определенной степени берет на себя часть функций районного центра, так как в нем находится единственная в районе железнодорожная станция. Из-за сравнительно большого расстояния (около 12 км) считать его частью райцентра нельзя. В связи со сказанным, 2 эти центра отнесены нами к числу ЦР первого класса. Правильность такого решения подтверждается тем, что к 2016 г. в них появились офисы врачей общей практики, благодаря чему эти пункты стали «полными» центрами обслуживания.

В табл. 4 показано распределение ЦР района по перечисленным выше классам, а табл. 5 представляет собой матрицу переходов центров расселения между этими классами.

Распределение конкретных центров по выделенным классам представляется вполне логичным, оно соответствует их месту в иерархии расселения (см. ниже). Справедливость сказанного подтверждается и средними значениями плотности ЦР (табл. 6).

Центры расселения первого класса – это хорошо выраженные кустовые центры, в 2016 г. все они были центрами «сельских поселений». Ко второму классу в 1980 г. принадлежало большинство центров сельских советов, одновременно бывших и центральными усадьбами сельскохозяйственных предприятий. В 2016 г. к этому классу принадлежали центры «сельских поселений», не имевшие полного комплекса объектов обслуживания. Третий класс в 1980 г. составляли наиболее «слабые» из совмещенных центров сельсоветов и сельхозпредприятий, а также немногочисленные (всего 3) центральные усадьбы без административных функций. В 2016 г. ЦР этого класса не было. Значительное сокращение числа центров второго класса и полное исчезновение третьего класса объясняется резким умень-

Таблица 4

Классы центров расселения в 1980 и 2016 гг., единиц

Годы	Классы центров расселения						Всего
	I	II	III	IV	V	VI	
1980	5	16	13	1	16	48	99
2016	5	2	–	7	5	17	36

Таблица 5

Смена рангов центров расселения между 1980 и 2016 гг., единиц

Ранги в 1980 г.	Ранг в 2016 г.						Перестали быть ЦР к 2016 г.	Всего в 1980 г.
	I	II	III	IV	V	VI		
I	5							5
II		1		4	3	8		16
III		1		3	2	4	3	13
IV							1	1
V						2	14	16
VI						1	47	48
Не были ЦР в 1980 г.						2		2
Всего в 1916 г.	5	2	–	7	5	17	65	101
								В 1980 – 99, в 2016 – 36

<sup>6</sup> Из 13 отнесенных в 1980 г. к этому классу ЦР 10 имели «ограниченный набор» объектов обслуживания, 2 были «низовыми» центрами обслуживания и 1 – «элементарным».

Таблица 6

Распределение центров расселения разных классов по группам людности СНП (единиц)

Людность СНП	1980							2016						
	I	II	III	IV	V	VI	Всего	I	II	III	IV	V	VI	Всего
1–5					1	1	2							
6–10														
11–25					2	5	7						1	1
26–50					6	18	24							
51–100		4	6		3	20	33					1	8	9
101–200		9	7	1	4	4	25				4	4	5	13
201–500		3					3	1	2		3		3	9
>500	5						5	4						4
Всего	5	16	13	1	16	48	99	5	2	–	7	5	17	36
Средняя людность	775	132	116	111	61	58	115	776	420	–	238	155	122	257

Примечание. I–VI – классы центров расселения.

шением числа центров, выполняющих административные функции.

К четвертому классу («рядовым» СНП с неполным комплексом обслуживания) в 1980 г. принадлежал лишь один сравнительно крупный СНП, выполнявший функции бригадного центра. В 2016 г. в этот класс входили наиболее крупные из бывших центров сельсоветов. Пятый класс в 1980 г. составляли средние по величине центры бригад колхозов и совхозов, а в 2016 г. – бывшие «средние» и «слабые» (небольшие по людности) центры сельсоветов. Наконец, к последнему, самому многочисленному шестому классу в 1980 г. принадлежали центры бригад и некоторые прифермерские СНП. В 2016 г. этот класс в основном составляли бывшие «средние» и «слабые» центры сельсоветов, 3 бывших бригадных центра и 2 новых центра обслуживания. Из всех многочисленных в 1980 г. ЦР – «рядовых» СНП (их насчитывалось 65), только 3 сохранили функции обслуживания и остались в числе ЦР. В то же время, из 34 ЦР, выполнявших в 1980 г. управленческие функции, только 3 (один совмещенный центр и 2 центральные усадьбы без административных функций), утратив свои объекты обслуживания, вышли из числа ЦР.

Обобщая сказанное, можно констатировать, что из 99 ЦР 1980 г. 34 приходилось на центры управления (центры сельсоветов и сельхозпредприятий), в это число входили и 5 кустовых центров. Остальные 65 ЦР в основном были центрами бригад (некоторые – прифермерскими СНП), являвшимися одновременно и центрами обслуживания, в большинстве своем «элементарными», то есть имевшими всего по одному объекту социальной инфраструктуры. В 2016 г. из 36 ЦР 7 являются центрами «сельских поселений», 24 – это бывшие центры сельсоветов и сельхозпредприятий, 3 в 1980 г. были центрами бригад, а 2 представляют собой новые ЦР с единичными объектами обслуживания.

По состоянию на обе рассматриваемые даты почти половина ЦР (48% в 1980 г. и 47% в 2016 г.)

приходилась на центры шестого класса. Преобладание простейших по своим функциям центров вполне логично и ожидаемо; в общих чертах оно соответствует и положениям теории центральных мест. С центрами других классов дело обстоит сложнее: объяснить соотношение числа ЦР высоких (I и II) и средних (III и IV) классов и в 1980, и в 2016 гг. довольно сложно. Представляют интерес изменения долей центров высоких, средних и низких классов. Если объединить попарно классы, то окажется, что доля ЦР с высокими рангами снизилась (при грубом округлении) с 21 до 19%, с низкими рангами – с 65 до 61%, а доля ЦР средних рангов увеличилась с 14 до 19%. Массив центров как бы сдвинулся к своей середине, стал более компактным.

Существенно изменилось соотношение между числом СНП и числом ЦР, а также распределение ЦР по группам людности СНП (табл. 6). Общее число СНП сократилось на 20%, а число ЦР – на 64% (то есть почти в 3 раза). В 1980 г. почти каждый четвертый СНП был ЦР, в 2016 г. – только каждый девятый. Но при этом доля населения, проживающего в центрах расселения, увеличилась с 57 до 65%. При значительном сокращении числа ЦР произошел сдвиг их массива в группы СНП с более высокой людностью. Если в 1980 г. 1/3 всех ЦР приходилась на пункты с людностью до 50 чел., то по данным 2010 г. такую людность имел всего один центр расселения. И, наоборот, если на начальную дату пункты с людностью более 100 чел. составляли лишь 1/3 от общего числа ЦР, то на конечную – более 2/3. Уменьшение численности населения было более значительным, чем числа населенных пунктов (28% против 20), поэтому средняя людность СНП снизилась с 48 до 43 чел., но средняя людность ЦР значительно увеличилась – со 115 до 257 чел.

Из соображения экономии места мы не приводим здесь матрицы переходов СНП и ЦР между группами людности. В обобщенном виде информация об изменениях приведена в табл. 7. Очевидно,

Таблица 7

## Изменение людности СНП и ЦР за 1980–2010 гг.

Группы населенных пунктов	Всего, ед.; %	Из них			
		повысили группу людности	сохранили группу людности	понижили группу людности	утратили население
Все СНП 1980 г.	413 100,0	15 3,6	75 18,2	241 58,3	82 19,9
Центры расселения 2016 г.	36 100,0	7 19,4	26 72,3	3 8,3	– –
Центры расселения, утратившие функции к 2016 г.	65 100,0	4 6,2	11 16,9	48 73,8	2 3,1
СНП, не имевшие центральных функций на обе даты	312 100,0	4 1,3	38 12,2	190 60,9	80 25,6

что для СНП, обладающих центральными функциями, характерна большая стабильность, чем для других СНП. Лишь 8% от числа ЦР 2016 г. перешли за 30 лет в группы с меньшей людностью; для всего массива СНП эта доля составляет 61%, кроме того, еще почти 26% полностью утратили постоянное население.

**Выводы:**

– «командный состав» сети сельского расселения составляют ЦР – СНП, обладающие различными центральными функциями. В современных российских реалиях в основе трансформации сети ЦР лежат: а) в целом объективный процесс измельчания и разрежения сети СНП; б) субъективный по своей сути (регулируемый волевыми решениями) процесс административно-территориальных преобразований, выражающийся в укрупнении низовых территориальных единиц; в) смешанный (частично объективный, частично – «волевой») процесс свертывания сетей объектов социальной инфраструктуры;

– сеть сельских ЦР, как и вся сеть СНП, находится в состоянии деградации. В Старицком районе общее число центров за 36 лет уменьшилось почти в 3 раза. 2/3 от числа пунктов, сохранивших центральные функции, переместились вниз по ступеням иерархии ЦР. Изменения в составе центров, подобно изменениям в социальной структуре населения, подчиняются следующему правилу. Движение вниз носит массовый характер, а движение вверх – индивидуальное (см. табл. 3 и 5) [Заславская, 1999];

– свертывание сети ЦР, как и свертывание сети СНП, ведет к сжатию активно используемого пространства сельской местности. Благодаря своим центральным функциям, ЦР в определенной степени поддерживают существование тяготеющих к ним СНП. Однако сокращение числа ЦР происходит более высокими темпами. За рассматриваемый период число СНП с постоянным населением уменьшилось лишь на 20%, число ЦР – на 64%;

– СНП – центры расселения значительно более стабильны, чем другие населенные пункты. Это справедливо не только для ЦР 2016 г., но и для СНП, переставших быть центрами расселения, что хорошо видно по данным об изменении людности (табл. 7). За 30 лет утратили постоянное население 82 СНП, среди них всего 2 бывших ЦР;

– по состоянию на 2016 г. центры расселения почти полностью были представлены действующими центрами «сельских поселений» и бывшими центрами сельсоветов и сельскохозяйственных предприятий. В большинстве своем это крупные (по меркам данного района), реже – средние по размеру СНП. При уменьшении средней людности СНП района, средняя людность ЦР увеличилась по сравнению с 1980 г. более чем в 2 раза. Заметно выросла и доля населения, проживающего в ЦР. Сказанное позволяет заключить, что лидирующее положение ЦР в сети СНП района за прошедшие годы значительно усилилось.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00394).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.И. Использование инерционной модели для прогнозирования структуры сельского расселения // Современные проблемы и методы географических исследований. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. С. 104–109.

Алексеев А.И., Сафронов С.Г. Изменение сельского расселения России в конце XX – начале XXI века // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 66–76.

Архинов Ю.Р. Моделирование территориальных систем расселения. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. 122 с.

Вихрѳв О.В., Ткаченко А.А., Фомкина А.А. Системы сельского расселения и их центры (на примере Тверской области) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 2. С. 30–36.

Заславская Т.И. Трансформационный процесс в России: структурный аспект // Социальная траектория реформируе-

мой России: Исследования Новосибирской экономико-социологической школы. Новосибирск: Наука, 1999. Гл. 7. С. 149–167.

*Зубаревич Н.В.* Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности // Известия РАН. Сер. географическая. 2013. № 3. С. 26–38.

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

*Ковалев С.А.* Избранные труды. Смоленск: Ойкумена, 2003. 437 с.

Населенные пункты Тверской области: Всероссийская перепись населения 2010 года. Тверь: Тверьстат, 2012. 429 с.

*Ткаченко А.А.* Ключевые понятия теории расселения: попытка переосмысления // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 2. С. 10–15.

Численность населения Тверской области: Всероссийская перепись населения 2010 года. Тверь: Тверьстат, 2012. 41 с.

Поступила в редакцию 07.11.2018

После доработки 19.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

A.A. Tkachenko<sup>1</sup>, I.P. Smirnov<sup>2</sup>, A.A. Smirnova<sup>3</sup>

#### TRANSFORMATION OF THE RURAL SETTLEMENT CENTERS NETWORK IN A MUNICIPAL DISTRICT OF CENTRAL RUSSIA

The article considers a system of settlement centers (SC) that existed in the Staritsa raion of the Tver oblast in the middle of 1980 and the beginning of 2016. SCs are identified by the location of authorities and objects of social infrastructure. Six classes of the SC are identified: from those with a full set of service facilities to «ordinary» rural settlements with a minimum set of less than significant objects. Method of «transition matrix» was used for the analysis of changes. The study showed that the SC network, like the entire network of rural settlements, is under degradation. The total number of SC decreased almost three times over 36 years. Most of the rural settlements that preserved central functions have moved down the steps of the SC hierarchy. At the same time, the SCs are much more stable than other rural settlements; their leading position in the rural settlement network has noticeably increased.

*Key words:* rural settlements, functions of settlements, settlement centers, networks of rural settlements and settlement centers, structure and transformation of networks, «transition matrix»

*Acknowledgements.* The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00394).

#### REFERENCES

*Alekseev A.I.* Ispol'zovanie inercionnoj modeli dlya prognozirovaniya struktury sel'skogo rasseleniya [Using an inertial model to predict the structure of rural settlement] // Sovremennye problemy i metody geograficheskikh issledovanij. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1978. P. 104–109. (In Russian)

*Alekseev A.I., Safronov S.G.* Izmenenie sel'skogo rasseleniya v Rossii v kontse XX – nachale XXI veka [Changes in rural settlement patterns in Russia during the late 20<sup>th</sup> – early 21<sup>st</sup> centuries] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2015. № 2. P. 66–76. (In Russian)

*Arhipov YU.R.* Modelirovanie territorial'nyh sistem rasseleniya [Modeling of territorial settlement systems]. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1988. 122 p. (In Russian)

Chislennost' naseleniya Tverskoj oblasti: Vserossijskaya perepis' naseleniya 2010 goda [Population of the Tver Oblast: The 2010 All-Russian Population Census]. Tver': Tver'stat, 2012. 41 p. (In Russian)

*Kovalev S.A.* Sel'skoe rasselenie (Geograficheskoe issledovanie) [Rural settlement (Geographical research)]. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1963. 371 p. (In Russian)

*Kovalev S.A.* Izbrannye trudy [Selected Works]. Smolensk: Ojkuмена, 2003. 437 p. (In Russian)

Naselennye punkty Tverskoj oblasti: Vserossijskaya perepis' naseleniya 2010 goda [Settlements of the Tver Oblast: The 2010

All-Russian Population Census.]. Tver': Tver'stat, 2012. 429 p. (In Russian)

*Tkachenko A.A.* Klyuchevye ponyatiya teorii rasseleniya: popytka pereosmysleniya [Key concepts of the settlement theory: an attempt of rethinking] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2018. № 2. P. 10–15. (In Russian)

*Vihryov O.V., Tkachenko A.A., Fomkina A.A.* Sistemy sel'skogo rasseleniya i ih centry (na primere Tverskoj oblasti) [Rural settlement systems and their centers (case study of the Tver oblast)] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2016. № 2. P. 30–36. (In Russian)

*Zaslavskaya T.I.* Transformacionnyj process v Rossii: strukturnyj aspekt [The transformation process in Russia: a structural aspect] // Social'naya traektoriya reformiruemoj Rossii: Issledovaniya Novosibirskoj ehkonomiko-sociologicheskoy shkoly. Novosibirsk: Nauka, 1999. Gl. 7. P. 149–167. (In Russian)

*Zubarevich N.V.* Transformaciya sel'skogo rasseleniya i seti uslug v sel'skoj mestnosti [Transformation of the rural settlement pattern and social services network in rural areas] // Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya. 2013. № 3. P. 26–38. (In Russian)

Received 07.11.2018

Revised 19.11.2018

Accepted 06.12.2018

<sup>1</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* at.tver@mail.ru

<sup>2</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail:* ilya.geo2012@yandex.ru

<sup>3</sup> Tver State University, Faculty of Geography and Geoecology, Department of Socio-Economic Geography and Territorial Planning, Senior Lecturer, PhD. in Geography; *e-mail:* alpresents@mail.ru

УДК 911.373(470.318)

М.С. Савоскул<sup>1</sup>, А.И. Алексеев<sup>2</sup>, Г.Ю. Кузнецова<sup>3</sup>, Н.А. Мозгунов<sup>4</sup>

## СЕЛЬСКОЕ РАССЕЛЕНИЕ И УЧЕТ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МОСКОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ БОРОВСКОГО РАЙОНА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ)

Увеличение числа функций сельской местности Московской агломерации и повышение подвижности сельского населения осложняют учет сельского расселения и сельского населения. Расселение приобретает «пульсирующий» характер, когда уже трудно определить, к какому населенному пункту должны быть привязаны данные о населении, границы между сельскими и городскими жителями стираются. Сделана попытка выявить реальное размещение населения и выявить причины различий в учете населения разными методами. С помощью дазиметрического метода оценивается плотность сезонного сельского населения.

*Ключевые слова:* сельские населенные пункты, число жителей, муниципальный район, Центральная Россия

**Введение в проблему.** Исследователи много пишут о том, что развитие Московской агломерации уже давно вышло за границы Московской области. После расширения границ Москвы это развитие напрямую коснулось Калужской области и Боровского района, который граничит теперь с Новой Москвой.

Влияние Москвы в Боровском районе проявляется, с одной стороны, в активном индустриальном развитии территории вдоль Киевского шоссе. На территории индустриального парка «Ворсино» расположены и функционируют десятки промышленных предприятий. Близость к Москве привлекает инвесторов.

С другой стороны, северо-восточная часть Боровского района уже более 30 лет является дачной территорией, где зарегистрированы садовые товарищества, дачные участки и коттеджные поселки.

Для Боровского района характерен определенный конфликт функций места, о чем более подробно уже сказано [Бабурин с соавт., 2018]. Примером сочетания функций места на территории района может служить активное взаимодействие администрации индустриального парка «Ворсино» с дачниками и местными жителями. Местные жители сообщают в администрацию парка о возможных нарушениях предприятиями норм выбросов. Функционирование индустриального парка приводит к ремонту и улучшению качества дорожного покрытия в сельском поселении Ворсино. Бюджет сельского поселения Ворсино превышает в несколько раз бюджеты других сельских поселений района и т. д.

В результате многофункциональности территории Боровского района в нем появляются новые со-

циальные группы, жизнедеятельность которых связана как с сельской местностью района, так и с городами области и с Москвой. К подобным группам можно отнести дачников, которые несколько месяцев в году проводят на территории района; жителей коттеджных поселков, которые постоянно проживают на территории района, но являются собственниками второго жилья в Москве или городах Калужской области; жителей района, которые регулярно как маятниковые мигранты или как современные «отходники» работают в Москве, Московской области, Калуге.

Формируется сельско-городской континуум, деятельность которого сложно локализовать исключительно в сельской местности или в городах. Для этих групп жителей сложно определить постоянное местожительство, поскольку они проживают как в городах, так и в сельской местности, вне зависимости от того, где зарегистрированы.

Трансформация традиционной системы расселения проявляется, в том числе, в пульсирующем характере системы сельского расселения. Это выражается как в недельных колебаниях численности наличного населения на территории района (увеличении численности на выходных), так и в сезонных колебаниях (увеличении численности летнего населения).

В связи с этим возникают сложности учета численности наличного населения на территории Боровского района, что необходимо для оценки уровня нагрузки на транспортную, социальную и торговую инфраструктуру.

**Обзор уже существующих исследований.** Вопросы развития сельской местности в границах

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

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

<sup>3</sup> Всероссийская академия внешней торговли, Институт макроэкономических исследований, руководитель центра экономики инноваций, канд. геогр. н.; *e-mail:* galakuzn@yandex.ru

<sup>4</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* mozgunoff@list.ru

Московской агломерации, а также изучению самой Московской агломерации посвящены публикации А.Г. Махровой [2009, 2016, 2017, 2018 и др.], Т.Г. Нефедовой [2016, 2018 и др.], П.Л. Кириллова [2009, 2016] и многих других.

Более детально вопросы формирования и развития дачного расселения и формирования сельско-городского континуума рассмотрены в работах А.И. Трейвиша [2015, 2016, 2018] и обобщающей коллективной монографии [Между домом ..., 2016].

К исследованиям, посвященным именно Калужской области, можно отнести публикации В.Л. Бабурина с соавт. [2018], М.С. Савоскул с соавт. [2014].

Работ, посвященных вопросам учета сельского населения, относительно немного. Первая из известных нам работ, анализирующих сезонные изменения в сельском населении, – статья Г.В. Иоффе и Г.М. Фингерова [1987]. В последние годы появились исследования Е.С. Гусевой [2012], А.И. Пьянковой [2013], А.А. Фомкиной [2017]. Отмечается «пульсирующий» характер расселения (не только сельского) в Московской области [Махрова, Бабкин, 2018].

**Методы исследования.** Для проведения исследования использовались следующие источники сбора информации и методы обработки данных. Статистический метод – анализ данных о численности сельского населения Боровского района по данным базы Росстата. С помощью картографического метода составлена карта сельского расселения Боровского района.

Одним из важных методов для выявления сложностей учета населения является метод экспертных интервью со специалистами администрации Боровского района, а также с руководителями и специалистами сельских поселений, которые ведут работу с жителями и в том числе осуществляют учет и регистрацию домовладельцев.

В ходе исследования были проведены полуструктурированные интервью с руководителями и представителями всех пяти сельских поселений Боровского района, а также с представителями администрации Боровского района.

Интервью содержали следующие блоки вопросов: основные плюсы и минусы развития сельского поселения; общая характеристика сельского поселения; система учета населения на территории сельского поселения; характеристика «зимнего» и «летнего» населения; экспертная оценка масштабов «летнего» населения за счет дачников, приезжающих в садовые некоммерческие товарищества (СНТ), а также за счет живущих в новых коттеджных поселках (КП) на территории сельского поселения; экспертная оценка москвичей постоянно или долговременно проживающих на территории района и т. д.

**Результаты исследования. Современные черты сельского расселения Боровского района.** По данным переписи населения 2010 г., в сельской местности района постоянно проживало 12,4 тыс. человек. За прошедший после переписи населения период постоянное население района выросло на не-

сколько тысяч жителей, по одним данным в настоящее время численность постоянного населения составляет 15,3 тыс. человек, по другим – 15,6 тыс. человек. Средняя людность сельских населенных пунктов (СНП) Боровского района составляет 94 человека.

Рост численности постоянного населения района объясняется, прежде всего, активным жилищным строительством на территориях, находящихся на границе с городом Обнинском, а фактически уже являющихся частью Обнинска. Например, в сельском поселении «Совхоз Боровский» по итогам нашего полевого обследования (с использованием данных администрации) реальная численность постоянного населения составляет 7,3 тыс. чел., а по данным Росстата – только 5 тыс. Это связано с тем, что активное жилищное строительство в пригородной зоне Обнинска привлекает в эту часть района мигрантов, а новые жители еще не успели пройти регистрацию на постоянное место жительства в паспортном столе.

В целом сельская местность района является миграционно привлекательной, особенно сельские поселения «деревня Ворсино» и «Совхоз Боровский», на территории первого расположен индустриальный парк «Ворсино», второе сельское поселение является пригородом Обнинска.

В настоящее время наибольшее число растущих СНП размещается в восточной части района. Это населенные пункты, расположенные вдоль железнодорожной и автомобильной магистралей Москва–Калуга–Киев (М3) и большое Московское автомобильное кольцо (рис. 1). В центральной и западных частях района, где в наибольшей степени проявляется зональная мелко- и среднеселенность сельского расселения, положительной динамикой отличаются лишь отдельные небольшие по размеру СНП.

В современном сельском расселении Боровского района сочетаются зональные и пригородные черты. Основные процессы, характерные для этого типа сельского расселения, – поляризация (концентрация постоянного населения в крупных поселениях, как правило, занимающих центральное или пригородное положение в системе расселения) и вымывание средних по численности СНП.

**Изменение структуры расселения** – то есть распределения населения по СНП различной плотности – было исследовано авторами за длительный период времени – с 1859 по 2010 г. (рис. 2, 3). В середине XIX в. основу расселения составляли средние СНП с населением 200–500 жителей (рис. 2). Такая ситуация практически не менялась до 1930-х гг., когда с началом коллективизации резко усилилась миграция сельского населения в города, и большая часть оттока пришлась именно на средние по плотности СНП, в которых проживала основная часть населения. Судя по графику, отток населения был интенсивным и в 1950–1960-х гг. Но в следующий период тенденции изменились, так как самих «средних» СНП оставалось все меньше, и структура на-



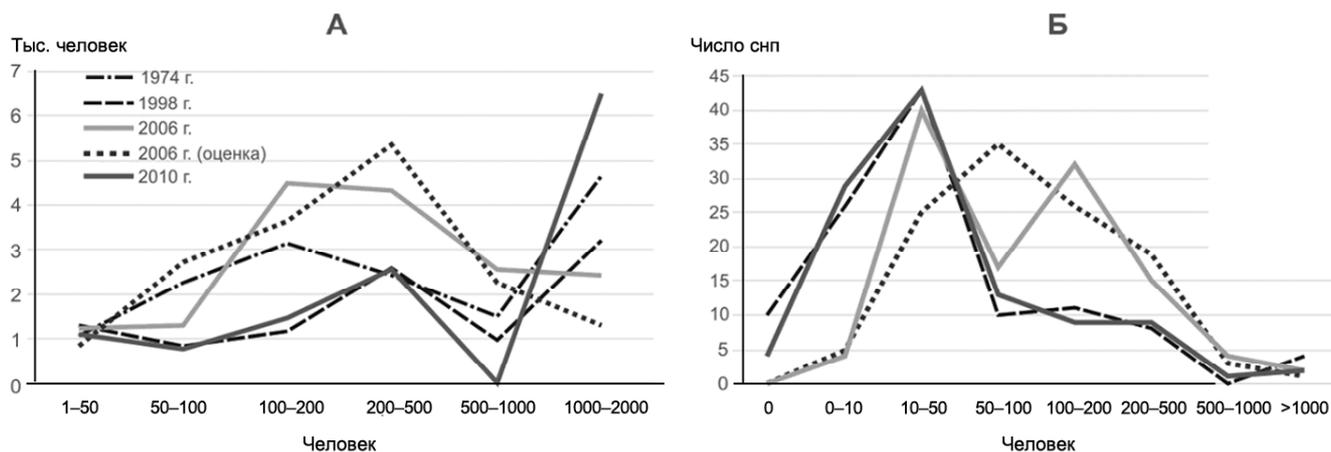


Рис. 3. Расселение сельского населения (А) и структура сельских населенных пунктов (Б) Боровского района по группам людности СНП. Источники: 1974 и 1998 гг. – данные текущего учета населения; 2006 г. – схема территориального развития муниципально-го района «Боровский район» Калужской области. Калуга, 2007. Т. 1.; 2010 г. – численность и размещение населения Калужской области: итоги Всероссийской переписи населения 2010 г. Том 1. Калуга, 2012

Fig. 3. Rural settlement pattern (A) and structure of rural settlements (Б) in the Borovsk raion according to population numbers groups. Sources: for 1974 and 1998 – data of current population records; for 2006 – Scheme of territorial development of the Borovsk municipal district of the Kaluga oblast. Kaluga, 2007. V. 1; for 2010 – Population numbers and distribution in the Kaluga oblast: results of the 2010 All-Russian Population Census. V. 1. Kaluga, 2012

исходить их рост, и ситуация вернется к картине рубежа XX – начала XXI вв. В реальности тенденции сохранились, и по данным учета 1998 г. и переписи населения 2010 г. сокращение доли средних СНП продолжалось, хотя и более медленными темпами – поскольку самих этих СНП оставалось все меньше.

Несмотря на то, что период интенсивного оттока жителей давно позади, а в последние годы намечился даже рост численности населения, поляризация сельского населения продолжалась и в течение последнего межпереписного периода (рис. 3, А).

Распределение СНП по людности уже к началу 1970-х гг. утрачивает черты сходства с нормальным распределением (рис. 3, Б).

Развитие системы расселения все сильнее определяется внешними по отношению к ней азональными факторами, связанными в первую очередь с положением территории в зоне постепенно усиливающегося влияния Московской агломерации. В последние десятилетия *пригородные черты сельского расселения* еще более усиливаются и постепенно отесняют на второй план зональные особенности.

Все что сказано выше касается в первую очередь постоянного населения сельской местности района. Но в зоне влияния Московской агломерации в сельской местности по степени подвижности можно выделить несколько групп населения, которые формируют уже упоминавшийся выше пульсирующий характер сельского расселения, и существенным образом влияют на численность наличного населения в зависимости от дня недели и времени года.

**Проблема оценки численности наличного населения в сельской местности Боровского района.** Чем активнее проявляется влияние азональных факторов на сельское расселение района, тем больше

диспропорция между численностью зарегистрированного и наличного населения на территории, которое подвержено более сложным сезонным и недельным пространственно-временным циклам.

Несоответствие постоянного и временного населения вызвано прежде всего широким распространением садовых некоммерческих товариществ на территории района. По данным сельских поселений (например, сельское поселение «Совхоз Боровский») численность летнего населения возрастает на территории только одного сельского поселения до 20 тыс. человек.

Часть СНТ связаны с районными организациями и служат местами исключительно дневного пребывания жителей района. Это скорее огороды для жителей Балабаново и Обнинска, но часть крупных СНТ являются местами долговременного сезонного проживания москвичей и жителей Калуги.

Наиболее крупные по площади СНТ размещены на северо-востоке (д. Рогачево, Митяево, Колодкино), востоке (д. Кочетовка, Киселево) и южной (д. Машково, Кривское, Писково, Вашутино) частях района. Средние по размеру СНТ есть в центральной и западной частях района.

Постепенно из участков, выделявшихся населению в советский период для занятий подсобной сельскохозяйственной деятельностью, они превращаются в населенные пункты с небольшим постоянным и резко возрастающим в летний сезон временным населением.

Различия между численностью постоянного и наличного населения проиллюстрируем на примере сельского поселения Ворсино, на территории которого расположен индустриальный парк «Ворсино» и более 70 СНТ. По данным Росстата (база данных Мультистат), на территории сельского поселения на начало 2018 г. постоянно проживает 3,3 тыс. жите-

лей. Помимо этого, по данным администрации сельского поселения, в населенных пунктах данного сельского поселения (без СНТ) имеют собственность и проживают в выходные дни и летнее время 4,9 тыс. москвичей, и в СНТ в летнее время или в выходные могут находиться еще до 20 тыс. жителей. Таким образом, в период максимальной пиковой нагрузки на территории только одного сельского поселения могут находиться около 28 тыс. жителей. В таком случае постоянное население данного сельского поселения будет составлять 11% от наличного населения.

**Сложности официального учета сельского населения.** На примере Боровского района рассмотрим основные трудности официального учета численности наличного населения в сельской местности.

В данном случае мы сознательно не говорим о численности только сельского населения, потому что в настоящее время для ряда территорий практически невозможно говорить о том, кого можно назвать сельскими жителями среди всех жителей, населяющих внегородские территории.

Итак, о каких группах постоянно и регулярно обитающих на территории Боровского района в сельских поселениях идет речь?

**Первая группа.** Это население, зарегистрированное на территории. Те, кто попадают в списки избирателей и проживают временно или постоянно в сельских населенных пунктах. Численность этой группы населения в сельской местности района составляет около 15 тыс. человек.

**Вторая группа.** Жители СНТ, часть из которых также может быть зарегистрирована в садовых товариществах, часть - в других населенных пунктах в районе или за пределами района, где у них есть второе жилье или где они зарегистрированы. СНТ очень различны. Часть их служит местом дневного пребывания и скорее похоже на огороды, часть наоборот становится для «дачников» постоянным местом жительства. Но в основном СНТ сезонно обитаемы и именно они дают основной прирост сезонного населения.

В Боровском районе более 200 СНТ, в которых насчитывается от 50 до 200 участков. Летнее население каждого СНТ варьирует от 100 до 1000–1500 человек в пик сезонной нагрузки. То есть эта группа составляет во время летнего сезона от 20 тыс. до 50 тыс. человек при минимальных оценках и до 70–100 тыс. человек при максимальных оценках.

**Третья группа** – жители коттеджных поселков (КП). КП отличаются от СНТ тем, что они занимают лучшие участки, и сами участки больше по размеру. Там часто жители зарегистрированы на ПМЖ, и многие живут круглый год. В районе также около 100 КП. Часть КП находится в пригороде Обнинска и, по сути, являются частью Обнинска, там есть и постоянные жители. По мнению представителей сельских поселений, численность постоянных жителей КП в районе не превышает нескольких тысяч человек. Это же подтверждает и полевое обследование ряда КП, недалеко от д. Сатино сельского

поселения «деревня Совьяки». На огромной территории КП «Солнечная долина» в выходной день было отмечено не более 20 обитаемых домов.

В каждом из трех типов этих населенных пунктов может быть как постоянное, так и временное население. Как зарегистрированное, так и проживающее без регистрации. А также могут быть зарегистрированные, но не проживающие жители.

В связи с этим можно сказать, что *первая сложность* учета населения заключается именно в этом пульсирующем характере современной системы расселения, проявляющейся в том, что часть сельских жителей живет вне населенных пунктов регистрации, вне территории района и, наоборот, часть жителей других регионов и, прежде всего, москвичей обитают большую часть времени на территории Боровского района. Из-за этого численность зарегистрированного постоянного населения не совпадает с численностью находящихся в то или иное время года жителей на территории района.

**Кто и как регистрирует сегодня сельское население, или закат эпохи похозяйственных книг.** *Вторая сложность* заключается в современной системе учета населения. Население регистрируется несколькими способами. Прежняя система, когда в похозяйственных книгах регистрировались все изменения в составе населения, уже практически не работает.

Приказом Минсельхоза РФ от 11 октября 2010 г. № 345 «Об утверждении формы и порядка ведения похозяйственных книг органами местного самоуправления поселений и органами местного самоуправления городских округов» сельские администрации были уполномочены вести эти похозяйственные книги. В настоящий документ Приказом Минсельхоза России от 8 мая 2015 г. № 178 внесены изменения. Ежегодно в середине июля администрация должна обходить все личные хозяйства для внесения изменений в эти книги. Но из-за интенсивного рабочего графика сотрудники администрации не всегда успевают обновлять данные похозяйственных книг. И в результате значительная часть изменений оперативно в них не вносится.

Сами жители регистрацию по месту жительства осуществляют через многофункциональные центры, таким образом, часто главы сельских поселений не обладают точной информацией о смене состава жителей на территории сельского поселения.

*Третья сложность* учета населения в зоне влияния Московской агломерации связана с быстрым миграционным приростом населения. В населенных пунктах района, расположенных в пригороде Обнинска, из-за быстрого строительства новых домов в администрациях сельских поселений не успевают учесть всех, кто уже зарегистрировался на данной территории. Происходит расхождение данных администрации и Росстата.

*Четвертая сложность* в системе учета населения связана с особыми типами поселений. В частности, в ряде случаев в статистику зарегистрированных на постоянное место жительства на

данной территории не попадают жители военных городков.

**Способы экспертной оценки численности наличного населения в сельской местности и способы изображения полученных данных.** Показатель плотности сельского населения, традиционно используемый для анализа степени заселенности и освоенности территории, сегодня дает не вполне адекватную картину размещения населения, особенно в теплый сезон года.

Потенциальную плотность сельских жителей в летний период можно оценивать разными способами: например, используя число дворов в населенных пунктах и коэффициент семейности, который можно условно принять как 2,5 человека на домохозяйство.

На картосхемах (рис. 4, 5), выполненных с использованием дазиметрического метода, показана плотность постоянного населения в 2016 г. и дана оценка потенциальной плотности суммарного сельского населения в теплый сезон года с учетом летнего населения (дачников, отдыхающих, родственников), которые могут разместиться в имеющемся жилом фонде сельских населенных пунктов и участков садово-огородных товариществ.

*Дазиметрический метод* используется для составления карт плотности населения, которая рассчитывалась по ареалам фактического сгущения плотности населенных пунктов, а не по админист-

ративно-территориальным единицам. В 1923 г. одним из первых этот способ при составлении карты плотности населения европейской России применил В.П. Семёнов-Тян-Шанский.

Фактическое размещение сельского населения с учетом летнего населения оказывается более равномерным, а ареалы с достаточно высокой плотностью жителей появляются как в центральной, так и в восточной частях района.

**Выводы:**

– основная тенденция изменений в структуре расселения – его поляризация: уменьшение доли средних сельских населенных пунктов. В Боровском районе это прослеживается как минимум последние 100 лет. Попытки «развернуть» эту тенденцию в сторону роста доли средних поселений, предпринимаемые проектировщиками, остаются благими намерениями;

– расширение границ Московской агломерации, рост входящих в ее состав городов ведут к появлению в Боровском районе принципиально новых ареалов заселения: формально это расширение существующих сельских населенных пунктов или коттеджных поселков, но фактически – это продолжение городской застройки формирующейся Обнинско-Балабановской «агломерации»;

– в условиях увеличения подвижности населения различия между городским и сельским населе-

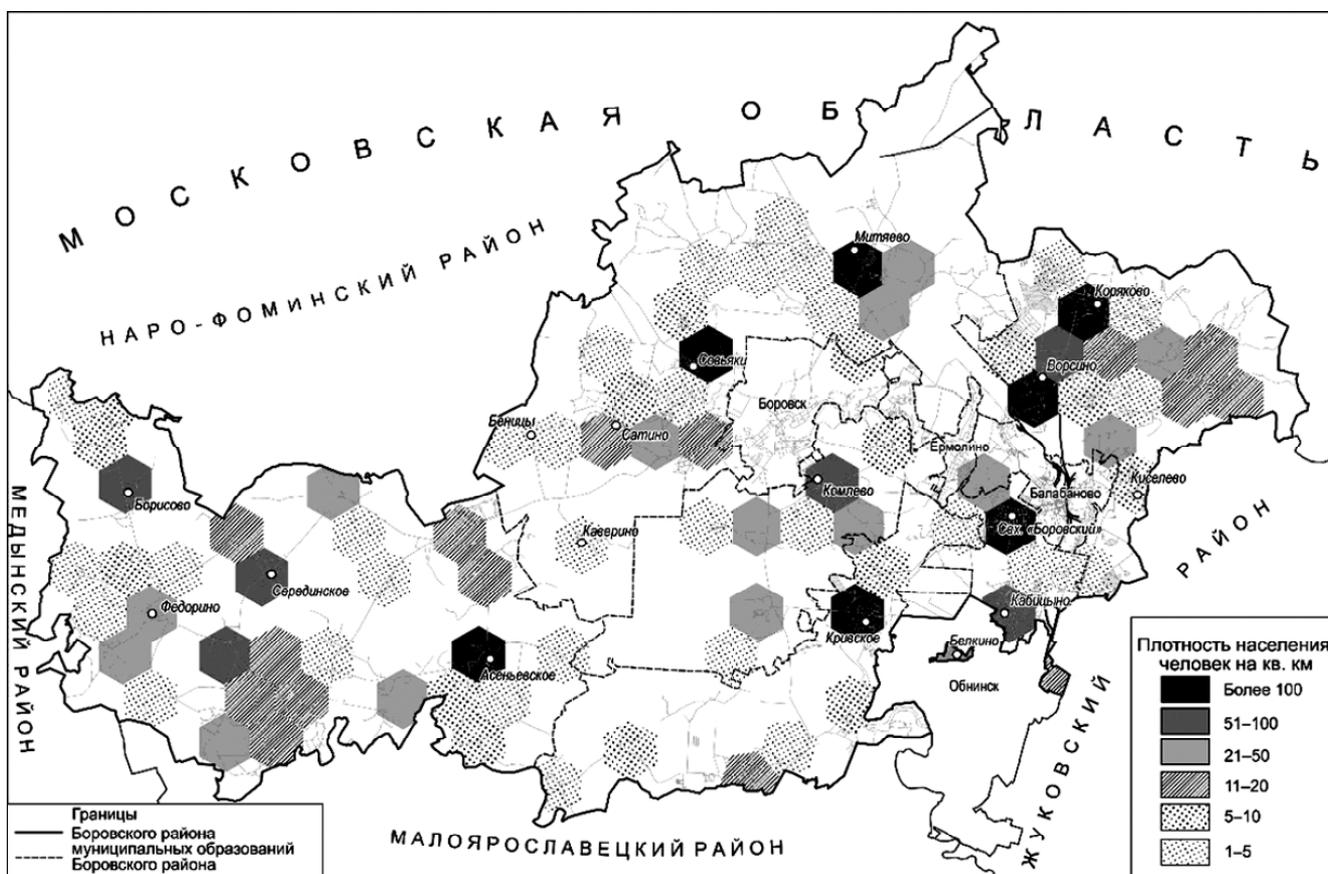


Рис. 4. Плотность постоянного сельского населения Боровского района в 2016 г. Карта составлена С.Г. Сафроновым

Fig. 4. Density of the resident population of the Bоровsk raion in 2016. The map compiled by S.G. Safronov



Иоффе Г.В., Фингеров Г.М. Сельское хозяйство и рекреация: вопросы взаимоотношений // Территориальная организация хозяйства как фактор экономического развития. М.: Ин-т географии АН СССР, 1987. С. 122–138.

Кириллов П.Л., Махрова А.Г. Субурбанизация в Московском столичном регионе: современное и перспективное состояние // Региональные исследования. 2009. № 4–5. С. 42–54.

Махрова А.Г. Полиерархический анализ сезонной дачной субурбанизации в современной России // Региональные исследования. 2017. № 3. С. 23–34.

Махрова А.Г., Бабкин Р.А. Анализ пульсаций системы расселения Московской агломерации с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2018. № 2. С. 68–78.

Махрова А.Г., Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Поляризация пространства центрально-российского мегалополиса и мобильность населения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 5. С. 77–85.

Махрова А.Г., Кириллов П.Л., Бочкарев А.Н. Маятниковые трудовые миграции населения в Московской агломерации: опыт оценок потоков с использованием данных сотовых операторов // Региональные исследования. 2016. № 3(53). С. 71–82.

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.

Пьянкова А.И. Данные переписей на муниципальном уровне: ограничения и проблемы анализа на примере Московской области // Демоскоп Weekly. 2013. № 575–576.

Савоскул М.С., Мозгунов Н.А., Пивовар Г.А. Социально-экономическая трансформация малых городов Нечерноземья (на примере Калужской области) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 2. С. 62–67.

Трейвиш А.И. Дачная мобильность, дачный менталитет и дачеведение // Демоскоп Weekly. 2015. № 655–656.

Трейвиш А.И. Мобильность населения и территориальных структур общества: сравнения, связи, сочетания // Региональные исследования. 2018. № 2. С. 4–12.

Трейвиш А.И. Сельско-городской континуум: судьба представления и его связь с пространственной мобильностью населения // Демографическое обозрение. 2016. Т. 3. № 1. С. 52–70.

Фомкина А.А. Расхождения в оценках численности сельского населения (на примере Тверской области) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2017. № 6. С. 88–91.

Поступила в редакцию 04.02.2018

После доработки 19.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

M.S. Savoskul<sup>1</sup>, A.I. Alekseev<sup>2</sup>, G.Yu. Kuznetsova<sup>3</sup>, N.A. Mozgunov<sup>4</sup>

#### RURAL SETTLEMENT AND POPULATION REGISTRATION WITHIN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE MOSCOW AGGLOMERATION (CASE STUDY OF THE BOROVSK RAION OF THE KALUGA OBLAST)

The increase in the number of functions of the Moscow agglomeration countryside and the increased mobility of the rural population make it difficult to register the rural settlement and the rural population. The settlement acquires a «pulsating» character, when it is already difficult to determine to which settlement the population data should be tied, and the boundaries between rural and urban residents are erased. The article attempts to identify the real location of the population and the causes of differences in the population registration carried out by various methods. The density of seasonal rural population is estimated using the dasymetric method.

*Key words:* rural settlements, population numbers, municipal district, Central Russia

*Acknowledgements.* The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-00394).

#### REFERENCES

Alekseev A.I. Ekonomiko-geograficheskoe izuchenie i prognozirovaniye sel'skogo rasseleniya (nekotorye voprosy metodologii i metodiki. [Economic and geographical study and forecasting of rural settlement (some questions of methodology and techniques)]. PhD thesis. Moscow: Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 1975. (In Russian)

Alekseev A.I. Ispolzovanie inertsiionnoy modeli dlya prognozirovaniya struktury selskogo rasseleniya [Using an inertial model to predict the structure of rural settlement] // Sovremennyye

problemy i metody geograficheskikh issledovaniy. M.: Izd-vo MSU, 1978. S. 104–109. (In Russian)

Alekseev A.I., Safronov S.G. Tipologiya selskikh naseleennykh punktov evropeyskoy chasti Rossii v sovremennoy demograficheskoy i sotsialno-ekonomicheskoy situatsii [Typology of rural settlements of the European Russia under present-day demographic and socio-economic situation] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2017. № 6. S. 55–61. (In Russian)

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Associate Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* savoskul@yandex.ru

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> Russian Foreign Trade Academy, Institute of Macroeconomic Research, head of Innovation Economics Center, PhD in Geography; *e-mail:* galakuzn@yandex.ru

<sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Senior Research Scientist, PhD. in Geography; *e-mail:* mozgunoff@list.ru

*Baburin V.L., Gladkevich G.I., Danshin A.I., Savoskul M.S., Safronov S.G.* Изменение функции места и территориальные конфликты (на примере Borovskogo rayona Kaluzhskoy oblasti) [Changes in the function of place and territorial conflicts (case study of the Borovsk raion, Kaluga oblast)] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2018. № 6. S. 72–82. (In Russian)

*Fomkina A.A.* Rashozhdeniya v otsenkah chislennosti selskogo naseleniya (na primere Tverskoy oblasti) [Differences in the estimates of rural population numbers (case study of the Tver oblast)] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2017. № 6. S. 88–91. (In Russian)

*Guseva E.S.* Transformatsiya funktsiy selskoy mestnosti Podmoskovya za 20 let rynochnykh preobrazovaniy [Transformation of functions of rural areas in the Moscow region during 20 years of market reforms] // Regionalnyie issledovaniya. 2012. № 2. S. 47–58. (In Russian)

*Ioffe G.V., Fingerov G.M.* Selskoe hozyaystvo i rekreatsiya: voprosy vzaimootnosheniy [Agriculture and recreation: relationship issues] // Territorialnaya organizatsiya hozyaystva kak faktor ekonomicheskogo razvitiya: Sbornik nauchnykh trudov. Institut geografii AN SSSR. M., 1987. S. 122–138. (In Russian)

*Kirillov P.L., Mahrova A.G.* Suburbanizatsiya v Moskovskom stolichnom regione: sovremennoe i perspektivnoe sostoyanie [Suburbanization in the Moscow metropolitan region: current and future state] // Regionalnyie issledovaniya. 2009. № 4–5. S. 42–54. (In Russian)

*Mahrova A.G., Babkin R.A.* Analiz pulsatsiy sistemy rasseleniya Moskovskoy aglomeratsii s ispolzovaniem dannykh sotovykh operatorov [Analysis of pulsations of the Moscow agglomeration settlement system using data from cellular operators] // Regionalnyie issledovaniya. 2018. № 2. S. 68–78. (In Russian)

*Mahrova A.G., Kirillov P.L., Bochkarev A.N.* Mayatnikovyye trudovyye migratsii naseleniya v Moskovskoy aglomeratsii: opyt otsenok potokov s ispolzovaniem dannykh sotovykh operatorov [Pendulum labor migrations of the population in the Moscow agglomeration: experience in flows evaluation using data from cellular operators] // Regionalnyie issledovaniya. 2016. № 3(53). S. 71–82. (In Russian)

*Mahrova A.G., Nefedova T.G., Treyvish A.I.* Polyarizatsiya prostranstva tsentralno-rossiyskogo megalopolisa i mobilnost naseleniya [Polarization of the Central Russian Megalopolis space and the population mobility] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2016. № 5. S. 77–85. (In Russian)

*Makhrova A. G.* Polierarhicheskij analiz sezonnoj dachnoj suburbanizatsii v sovremennoj Rossii [Poly-hierarchical analysis of seasonal housing suburbanization in modern Russia] // Regionalnyie issledovaniya. 2017. № 3. P. 23–34. (In Russian)

Mezhdum domom i ... domom. Vozvratnaya prostranstvennaya mobilnost naseleniya Rossii [Between the home and ... home. Returnable spatial mobility of the population of Russia] / Red. T.G. Nefedovoy, K.V. Averkievoy, A.G. Mahrovoy M.: Novyyi hronograf, 2016. 504 s. (In Russian)

*Pyankova A.I.* Dannyye perepisey na munitsipalnom urovne: ogranicheniya i problem analiza na primere Moskovskoy oblasti [Census data at the municipal level: limitations and problems of analysis as exemplified by the Moscow oblast] // Demoskop Weekly. 2013. № 575–576. (In Russian)

*Savoskul M.S., Mozgunov N.A., Pivovarov G.A.* Sotsialno-ekonomicheskaya transformatsiya malyykh gorodov Nechernozem'ya (na primere Kaluzhskoy oblasti) [Socio-economic transformation of small cities in the Non-Chernozem Region (case study of the Kaluga oblast)] // Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2014. № 2. S. 62–67. (In Russian)

*Treyvish A.I.* Dachnaya mobilnost, dachnyiy mentalitet i dachevedenie. [Country mobility, country mentality and dacha studies] // Demoskop Weekly. 2015. № 655–656. (In Russian)

*Treyvish A.I.* Mobilnost naseleniya i territorialnykh struktur obschestva: sravneniya, svyazi, sochetaniya [Mobility of population and territorial structures of the society: comparisons, connections, combinations] // Regionalnyie issledovaniya. 2018. № 2. S. 4–12. (In Russian)

*Treyvish A.I.* Selsko-gorodskoy kontinuum: sudba predstavleniya i ego svyaz s prostranstvennoy mobilnostyu naseleniya [The rural-urban continuum: the fate of the representation and its connection with the spatial mobility of the population] // Demograficheskoe obozrenie. 2016. T. 3. № 1. S. 52–70. (In Russian)

Received 04.02.2018

Revised 19.11.2018

Accepted 06.12.2018

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 574 (262.5)

Е.А. Котельянец<sup>1</sup>, О.В. Соловьева<sup>2</sup>, Е.А. Тихонова<sup>3</sup>

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ДОНУЗЛАВ

В настоящее время озеро Донузлав, расположенное в западной части Крымского полуострова, активно используется человеком. В акватории производится добыча песка, располагаются фермы по выращиванию мидий, устриц и др. Восточная часть озера активно эксплуатируется. Западное побережье Донузлава не подвержено антропогенной нагрузке и является малоизученным. Целью настоящей работы стала комплексная оценка уровня загрязнения основными классами загрязняющих веществ. Данная оценка включает определение содержания нефтяных углеводородов (НУ) в воде и донных отложениях; хлороформ-экстрагируемых веществ (ХЭВ), микроэлементов (Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, V, Sr, Ti, Mn, Fe) в донных отложениях северо-западного побережья озера Донузлав по данным 2017 г. Концентрация нефтяных углеводородов в воде озера не превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов. По содержанию хлороформ-экстрагируемых веществ донные отложения озера соответствуют I–III уровням загрязнения. Содержание металлов в морских грунтах северо-западного побережья озера Донузлав отличалось от прилегающих районов открытого моря. На исследуемом прибрежном участке отмечены повышенные концентрации некоторых микроэлементов (Zn, Co, V, Sr, Ti). В донных отложениях открытого моря данной геохимической особенности не выявлено. По данным 2017 г. озеро Донузлав по уровню загрязнения донных отложений приоритетными классами поллютантов можно характеризовать как водоем со средним уровнем загрязнения.

*Ключевые слова:* загрязняющие вещества, нефтяные углеводороды, хлороформ-экстрагируемые вещества, микроэлементы

**Введение.** В западной части Крымского полуострова располагается озеро Донузлав – уникальный природный водоем, который подвергся существенной антропогенной трансформации. По разным данным несколько столетий оно существовало замкнутым и гиперсолёным, отделённым от моря песчаной пересыпью. В 60-е годы XX века в пересыпи, отделяющей Донузлав от Черного моря, был сделан проран. В результате произошло распреснение гипергалинного озера, что повлекло изменение геохимических показателей и заселение водоема морскими видами, существенно изменившими состав биоты [Болтачева, 2002]. На протяжении полувека в озере активно ведется добыча песка, вследствие которой нарушается подпитка побережья обломочным материалом. Это вызывает сокращение ширины пляжей и размыв берегов [Агаркова-Лях, 2014].

Сформировавшаяся в Донузлаве система течений после строительства судоходного канала такова, что в нем, в зависимости от направления и силы ветра наблюдаются течения, при которых вода сгоняется из озера или наоборот – поступает в него. Скорость течений в нижнем слое обычно больше, чем в верхнем. В озере существуют вихревые течения в районе прорана, снос терригенного матери-

ала со стороны верховьев Донузлавского озера и незначительный привнос песчаного материала со стороны взморья. Особенности гидродинамики водоема указывают на то, что воды озера, загрязненные различными видами поллютантов, беспрепятственно через канал могут попадать в открытое море и дальше вовлекаться в общую систему циркуляции [Тихоненкова, 2010; Ковригина, 1999].

Антропогенная нагрузка на побережье озера неравномерна. Его восточная часть, эксплуатируется достаточно активно. Карьер для подводной добычи песка находится в приустьевой его части. Вблизи этих объектов прибрежная акватория загрязнена промышленными и бытовыми отходами. Судя по приведенным в литературе данным, исследования в озере в большей мере проводились на его восточном побережье и в районах, примыкающих к карьеру и судоходному каналу. Предшествующие работы преимущественно касались оценки загрязнения вод акватории отдельными поллютантами (нефтяными углеводородами (НУ); Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr и Fe в придонной воде; поверхностно-активными веществами и др.). Существуют отдельные данные о концентрации этих элементов в донных отложениях [Тихоненкова, 2008; Тихоненкова, 2010; Пасынков, 2012; Ежегодник ..., 2016]. Ранее были

<sup>1</sup> ФГБУН Морской гидрофизический институт РАН, отдел гидрофизики шельфа, мл. науч. с., филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, инженер; *e-mail*: plistus@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», отдел морской санитарной гидробиологии, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail*: kozl\_ya\_oly@mail.ru

<sup>3</sup> ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», отдел морской санитарной гидробиологии, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail*: tihonova@mail.ru

выявлены зоны с аномально высокими концентрациями НУ в воде, микроэлементов в донных отложениях. Особенно загрязнению подвержены участки, прилегающие к флотским объектам [Пасынков, 2012].

На западном берегу водоема расположены преимущественно сельскохозяйственные угодья и единичные базы отдыха. Данный участок водоема не подвержен антропогенной нагрузке и является малоизученным, в отличие от юго-восточного берега, где сосредоточены практически все техногенные объекты. В связи со слабой изученностью северо-западного района залива, нами было принято решение исследовать данное побережье. Этот район, с одной стороны, не подвержен антропогенной нагрузке, с другой – может подвергаться воздействию локальных источников загрязнения, расположенных на противоположном берегу водоема.

При экологической оценке гидросистемы одним из наиболее информативных объектов изучения являются донные отложения. В настоящей работе в качестве показателей для оценки экологического состояния акватории выбраны наиболее распространенные классы загрязняющих веществ – НУ, микроэлементы, содержание которых может свидетельствовать об определенном уровне антропогенного загрязнения. Целью работы стала комплексная оценка уровня загрязнения основными классами загрязняющих веществ. Данная оценка включает определение содержания нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях; хлороформ-экстрагируемых веществ, некоторых микроэлементов (Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, V, Sr, Ti, Mn, Fe) в донных отложениях северо-западного побережья озера Донузлав по данным 2017 г.

**Материалы и методы исследований.** Пробы воды и донных отложений отбирали в акватории озера Донузлав во время экспедиции, проводимой сотрудниками ФГБУН ИМБИ в районе его западного побережья, в августе 2017 г. На внешнем рейде отбор проб осуществляли в рамках 86-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» в июне 2016 г. (рис. 1).

Станции отбора проб донных отложений выбирали вдоль западного побережья с учетом доступности уреза воды (так как берега Донузлава к северо-востоку от приустьевого расширения обрывисты, высота их достигает двух м) и наличия местной циркуляции вод и донных отложений [Фомин, 2006].

Отсутствие впадающих в озеро рек и ориентация его вдоль направления господствующих ветров определяют формирование сгонно-нагонных процессов. В результате происходит вынос обломочного материала из вершинной части водоема к его приустьевым участкам [Тихоненкова, 2010]. Вместе с донными осадками осуществляется транспорт загрязняющих веществ. В соответствии с моделями циркуляции вод и транспорта донных отложений [Фомин, 2006], наряду со сгонно-нагонными течениями вдоль оси залива, в акватории формируются относительно обособленные зоны циркуляции и транспорта донных отложений.

Попадание в одну из этих зон, наряду с доступностью и относительно равномерным распределением вдоль побережья озера, являлось важным фактором выбора местоположения станций пробоотбора. Полученный материал пополнит информацию о состоянии донных отложений этого уникального водоема. Отбор проб на каждой станции проводился трехкратно. Обсуждаемые показатели являются результатом обработки смешанных проб.



Рис.1. Карта-схема отбора проб донных отложений озера Донузлав

Fig. 1. The scheme of sampling the bottom sediments of the Donuzlav Lake

Пробы (слой 0–5 см) отбирались ручным пробоотборником. В свежесобранных пробах донных отложений *in situ* проводили измерение величин рН и Eh рН-метром-термометром «Нейтрон-рН». Для определения содержания микроэлементов брали только центральную часть, которая не контактировала со стенками пробоотборника. Отобранную усредненную пробу тщательно перемешивали фарфоровой ложкой, освобождали от макровключений (каменной, ракушек, водорослей и пр.) и помещали в подготовленные полипропиленовые пробирки с завинчивающейся крышкой вместимостью 50 см<sup>3</sup>. После доставки в лабораторию пробы незамедлительно помещали в морозильную камеру и до анализа хранили при температуре –18°С. Срок хранения осадков не более двух месяцев.

Получено 5 проб воды (4 – воды поверхностного горизонта и 1 – придонного) (ст. 1). Одна из станций находилась на внешнем рейде озера (ст. 1). Ее характеристики использовали как фоновые для сравнения показателей среды в водоеме с прилегающими участками открытого моря. Остальные станции пробоотбора (ст. 2, 3, 4) находились в западной части акватории, вдоль берега залива. Это обеспечило возможность проследить изменение исследуемых параметров с удалением от пересыпи, ограждающей озеро. Ввиду отсутствия на западном берегу водоема крупных антропогенных объектов, уровень загрязнения данного участка преимущественно должен быть связан с природными процессами, а также с перераспределением веществ в акватории локальными течениями.

В пробы морской воды, отобранные с поверхностного и придонного горизонтов, добавляли тетрахлорметан (ССl<sub>4</sub>) из расчета 20 см<sup>3</sup> на 2 дм<sup>3</sup> для последующей экстракции. Дальнейшую обработку проводили на берегу в лабораторных условиях с использованием общепринятой методики, разработанной в ГОИН [Руководство ..., 1977].

Определение количества ХЭВ и НУ в воде и донных отложениях проводилось в измерительной лаборатории отдела морской санитарной гидробиологии (ОМСГ) ФГБУН Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН. Согласно паспорту лаборатории и перечню объектов и контролируемых в них показателей измерительной лаборатории ОМСГ ФГБУН ИМБИ погрешность измерения НУ в донных отложениях составляет 31% при принятой вероятности  $P=0,95$ , для ХЭВ – 20%. Измерение концентрации НУ производили на фурье-спектрофотометре ФСМ-1201 в диапазоне длин волн 2750–3150 см<sup>-1</sup>.

В лабораторных условиях осадки высушивали до воздушно-сухого состояния, растирали в ступе и часть пробы просеивали через сита с диаметром ячеек 0,25 мм для определения концентраций НУ и хлороформ-экстрагируемых веществ. В подготовленных таким образом пробах определяли общее количество ХЭВ – весовым методом, НУ – методом инфракрасной спектроскопии [Руководство ..., 1977]. Все полученные результаты для concentra-

ций ХЭВ и НУ пересчитывали на 100 г воздушно-сухого донного осадка (возд.-сух. д. о.).

Подготовка проб к определению микроэлементов и измерению их содержания в пробах состояла из последовательных операций по высушиванию пробы до воздушно-сухого состояния (проводилось при температуре 105°С). В сухой пробе после растирания максимальный размер частиц не превышал 1 мм. Для этого пробу измельчали в фарфоровой ступке и просеивали через почвенное сито с диаметром отверстий 1 мм [Методика ..., 2002]. Построение градуировочных характеристик выполнялось с использованием аттестованных градуированных образцов (комплект СЧТ, СДПС, СКР, ССК) [Методика ..., 2002].

Определение (Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, V, Sr (мг/кг), и оксидов металлов TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в донных отложениях исследуемой акватории выполнялось в лаборатории учебно-научного лабораторного корпуса филиала МГУ в г. Севастополе на приборе «Спектроскан» – МАКС-G [Методика ..., 2002].

Взаимное влияние элементов и матричные эффекты РФА метода учитываются нормировкой аналитического сигнала на линиях флуоресценции определяемых элементов на аналитический сигнал, измеренный на длине волны некогерентного рассеяния характеристической линии анода рентгеновской трубки на материале пробы, а также подбором (с помощью программного обеспечения) соответствующего аналитического вида градуированной характеристики [Методика ..., 2002].

Применение РФА для анализа различных объектов обусловлена доступностью и экспрессностью метода, его точностью и воспроизводимостью при содержании определенных элементов до 10<sup>-2</sup>% отн. При достаточно малых образцах пробы в пределах несколько граммов. Метод является экспрессным. Для оценки воспроизводимости и точности измерений применялся анализ сертифицированного донного осадка ДСЗУ 163.1-98 в восьми проворностях. Минимальное среднеквадратическое отклонение составляло 0,0026% (MnO), максимальное 7,625% (Cr).

Для оценки загрязненности воды нефтью и нефтепродуктами использовали показатель ПДК = 0,05 мг/л в воде рыбохозяйственных водоемов [Анисова и др., 1990]. ПДК для содержания ХЭВ и НУ в донных отложениях отсутствуют. Для оценки загрязненности морских грунтов ХЭВ использовали классификацию [Миронов, 1986], в которой уровень загрязнения донных отложений оценивается по благополучию бентосного сообщества. В соответствии с ней первый уровень загрязнения (0–50 мг/100 г возд.-сух. д. о.) – это чистые акватории с благоприятными условиями существования донных сообществ. Со второго уровня с содержанием ХЭВ 50–100 мг/100 г возд.-сух. д. о. можно считать, что накопление данного класса веществ носит преимущественно аллохтонный характер, хотя не несет негативных последствий для биоты. Третий уровень загрязнения (100–500 мг/100 г возд.-сух. д. о.), при котором начинается деградация биоценозов; чет-

вертый уровень (500–1000 мг/100 г возд.-сух. д. о.), когда формируется устойчивое к данному виду загрязнения сообщество, и его характеристики имеют высокие показатели (биомасса, численность). Самый высокий – пятый уровень (больше 1000 мг/100 г возд.-сух. д. о.), при котором наблюдается преобладание видов, устойчивых к загрязнению и массовое сокращение остальных. Нормативы содержания НУ в донных отложениях в нашей стране отсутствуют. Для оценки загрязнения использовали так называемые «голландские листы» [Neue Niederlandische, 1995], в соответствии с которыми допустимая концентрация НУ в донных отложениях составляет 5 мг/100 г. Эти нормативы, хоть и не имеют в нашей стране официального статуса, но широко используются многими исследователями для различных водных бассейнов. В некоторых субъектах федерации на их основе создаются региональные нормативы. Не существует ПДК и для содержания микроэлементов в морских донных отложениях. В настоящем исследовании концентрации химических элементов в морских донных осадках сравнивали с их кларками, либо с фоновыми значениями для изучаемых морских систем [Митропольский с соавт., 1982; Методика ..., 2002].

**Результаты исследований и обсуждение.** Полученные результаты показали, что содержание НУ в поверхностных водах озера колебалось от 0,002 до 0,050 мг/л, в среднем составляя 0,025 мг/л. Максимальные значения, соответствующие уровню ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, отмечены на участках, прилегающих к косе Беляус. С продвижением с западного на восточный берег озера концентрация НУ в воде падает. На внешнем рейде содержание нефти в поверхностном горизонте превышало ПДК в 1,26 раза (0,063 мг/л), а в придонном составляло 0,26 ПДК (0,013 мг/л). В 2015 г. в результате сочетания природных и антропогенных факторов уровень загрязнения вод Донузлава был сопоставим с таковым для одной из самых неблагоприятных бухт Крымского побережья – Севастопольской [Мионов, 2009]. Воды Донузлава характеризуются гидрометслужбой как умеренно загрязненные. В качестве приоритетных загрязняющих веществ выделены НУ, концентрация которых колебалась в пределах 1,2–2,4 ПДК, в среднем составляя 1,6 ПДК [Ежегодник ..., 2016].

Повышенное содержание НУ в обозначенном районе взморья, как правило, связано с функционированием черноморских течений, приносящих загрязняющие вещества со стоком европейских рек [Лебедев, 2009]. При исследовании системы течений озера, отмечено [Тихоненкова, 2010], что основной поток загрязняющих веществ попадает в открытое море. По всей видимости, коса является естественным барьером, препятствующим процессам переноса загрязняющих веществ, в результате чего происходит аккумуляция последних. Следует предположить, что в летний период в указанном районе происходит концентрирование морской воды за счет испарения и отсутствия берегового стока. В резуль-

тате соленость превышает показатель для открытого моря, составляя 21‰. Соленость озера в его центральной и вершинной частях уменьшается до 17–18‰, что соответствует солености прилегающих морских акваторий. Показатели 2017 г. были меньше тех, что зафиксированы в 2015 г. (0,06–0,12 мг/л) [Ежегодник ..., 2016]. Комментируя данные о загрязнении воды, необходимо учитывать, что различия в результатах единоразовых съемок могут и не отражать какие-либо перемены в уровне загрязнения акватории, а быть следствием подвижности водных масс. Более достоверные выводы о динамике содержания НУ в воде можно сделать только на основании продолжительных наблюдений.

Донные отложения Донузлава преимущественно имеют местное происхождение. Известно, что существует незначительный привнос обломочного материала из открытых участков акватории в озеро. На данном участке побережья наблюдается поступление материала со дна от абразии бенча и с биогенными выбросами, также отмечается размыв берегов и эоловые процессы [Агаркова-Лях, 2014]. Отсутствуют впадающие в озеро реки. В вершинной части существует множество подводных источников, которые распресняют воду в верховье озера и являются источником загрязнения водоема [Юровский, 2013]. Еще одной особенностью озера является незаполненность его иловыми отложениями [Курнаков, 1936; Тихоненкова, 2010].

Северо-западный участок дна озера сложен песками, илами мощностью от 1,2 до 2,5 м. По своему гранулометрическому составу пески относятся в основной массе к группе средних и мелких. Они характеризуются повышенным содержанием фракции ракушки размером более 5 мм (до 10%). Модуль крупности изменяется от 1,0 до 2,9 (в среднем 2,0). Объемная масса изменяется от 956 до 1774 кг/м<sup>3</sup>. Химический состав характеризуется преобладанием карбоната кальция – 88,7% [<http://ekomir-scimea.ru/2017/12/16/703/>]. Такого рода донные отложения не способствуют аккумуляции загрязняющих веществ.

Физико-химические показатели донных отложений соответствовали характеру морского грунта, представленного серыми песками с примесью ила, и находились в следующих пределах: рН – 7,8–8,3, Eh – от – 136 до – 190 мВ.

По полученным данным содержание ХЭВ (рис. 2) в донных отложениях озера колеблется в пределах от 20 до 150 мг/100 г возд.-сух. д. о. Данные показатели соответствуют I–III уровням загрязнения [Мионов, 1986]. Указанные уровни возрастают при продвижении с запада на восток вдоль исследуемого побережья. Содержание ХЭВ за пределами Донузлава характеризует побережье как чистое по данному показателю (уровень I).

Содержание НУ (от 14,7 до 41,2 мг/100 г) в донных отложениях увеличивалось аналогично ХЭВ, и во всех случаях превышало нормативное [Neue Niederlandische, 1995]. Изменение концентрации НУ в донных отложениях соответствовало таковому в

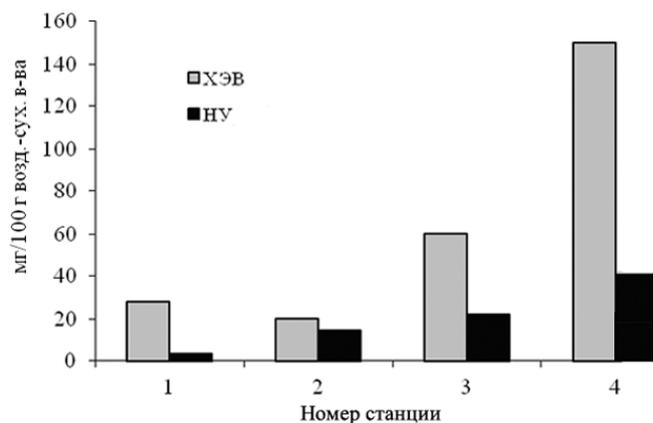


Рис. 2. Содержание (мг/100 г) ХЭВ и НУ в донных отложениях оз. Донузлав и прилегающей акватории

Fig. 2. Concentrations of chloroform-extractable substances and oil hydrocarbons in bottom sediments of the Donuzlav Lake and adjacent water area

поверхностной воде, которая и является источником их поступления в донные осадки. Доля НУ от ХЭВ с удалением от косы возрастала, составляя соответственно 28,4 и 74%. Содержание данного поллютанта в донных отложениях прилегающей черноморской акватории (ст. 1), не превышало нормативное, и было в 4 раза меньше минимального в акватории озера (3,4 мг/100 г).

Анализ содержания отдельных металлов в донных отложениях открытого моря в районе озера Донузлав показал (табл.) отсутствие превышения содержания средних показателей для шельфа для исследуемых элементов. При этом концентрации Zn, Ni, Cr близки к средним величинам, концентрация остальных элементов – существенно ниже геохимического фона.

В акватории озера микроэлементы были распределены неравномерно. В юго-западной части исследуемого побережья наблюдаются максимумы

содержания Pb, V, Sr, Ti. В этом районе превышены (в 1,5 раза) кларки таких элементов, как V, Sr, Ti. В литературе имеются данные, в соответствии с которыми в 2006 г. содержание V на данном участке было в разы меньше, отмеченного нами. Однако сложно сделать вывод об изменении содержания данных микроэлементов, ввиду методических различий в их определении. Уточнение данного вопроса требует расширенных исследований с использованием атомно-абсорбционного метода, что позволит произвести более корректное сравнение полученных показателей.

В центральной части западного побережья Донузлава превышение средних величин черноморского шельфа отмечено только для Sr. В 2006 г. содержание в этом районе микроэлементов (определено атомно-абсорбционным методом) также было меньше, чем возле косы [Тихоненкова, 2008]. В вершинной части озера (ст. 4) наблюдалось максимальное содержание для Zn, Ni, Co, Cr, V, Fe, Sr. Из них фоновые значения превышены для Zn, V и Sr. Повышенные концентрации отдельных элементов в вершинной части Донузлава могут быть связаны с функционированием в этой части водоема большого количества подводных источников. Крымскими гидрологами показано, что в результате субмаринной разгрузки в этом районе, в воду озера попадают существенные количества загрязняющих веществ [Юровский, 2013].

**Выводы:**

– уровень загрязнения донных отложений ХЭВ в отдельных участках озера достигает достаточно высоких показателей (150 мг/100 г воздушно-сухого вещества). Концентрация НУ в донных отложениях водоема превышает допустимую [Neue Niederlandische, 1995] и колеблется от 14,7 до 41,2 мг/100 г.;

– содержание НУ в воде в акватории озера не превышало санитарный норматив [Анисова с соавт., 1990], в то время как на взморье – зафиксирована концентрация, равная 1,26 ПДК. Показатели 2017 г.

Т а б л и ц а

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в донных отложениях оз. Донузлав (2017 г.) и прилегающих участков Черного моря. Данные о концентрациях приведены по Б.В. Виноградову [Добровольский, 2003]

Элемент	Пределы колебаний в оз. Донузлав		Среднее значение в оз. Донузлав	Содержание в осадках	
	min	max		открытого моря	черноморского шельфа
Zn мг/кг	0	93,35	33,12	47,4	48
Pb, мг/кг	0	21,28	11,56	–	85
Ni, мг/кг	0	16,42	8,81	38,15	42
Co, мг/кг	0	21,85	7,28	–	14
Sr, мг/кг	27,34	76,97	47,87	61,35	45–90
V, мг/кг	1,38	103,3	67,54	10	90
Sr, мг/кг	797,8	10067	4167	281	300
TiO <sub>2</sub> , %	0,2093	0,9105	0,60	0,3009	0,6–0,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	0,5153	2,729	1,41	1,882	5,08
MnO, %	0,024	0,029	0,03	0,0315	0,38

П р и м е ч а н и е. – ниже предела обнаружения метода рентгенофлуоресцентного анализа.

были меньше (в среднем в 4 раза), отмеченных в 2015 г. Следует учесть, что зафиксированные величины могут быть результатом подвижности водных масс и не отражать изменения содержания НУ в воде;

– содержание микроэлементов в донных отложениях северо-западного побережья озера Донузлав отличалось от прилегающих районов открытого моря. На исследуемом прибрежном участке отмечены повышенные концентрации некоторых элементов (Zn, Co, V, Sr, Ti). В донных отложениях откры-

того моря данной геохимической особенности не выявлено;

– на основе результатов исследования уровня загрязнения донных отложений озера Донузлав приоритетными классами загрязняющих веществ можно характеризовать его как водоем со средним уровнем загрязнения. Уточнение экологического статуса акватории требует комплексного регулярного контроля с использованием более точных аналитических методов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН МГИ по теме № 0827-2019-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование прибрежных зон Черного и Азовского морей», ФГБУН ИМБИ по теме государственного задания «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем» (№ 0828-2019-0006).

Авторы выражают свою благодарность анонимным рецензентам за тщательный анализ статьи и ценные замечания, профессору Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Е.И. Голубевой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агаркова-Лях И.В.* Современное состояние пляжей западного побережья Крыма и актуальные вопросы берегового природопользования // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2014. Вып. 29. С. 50–60.
- Анисова С.Н., Лесников Л.А., Минаева Т.В., Ляшенко С.Ф.* Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: ВНИРО, 1990. 46 с.
- Болтачева Н.А., Колесникова Е.А., Ревков Н.К.* Фауна макрозообентоса лимана Донузлав (Черное море) // Экология моря. 2002. Вып. 62. С. 10–13.
- Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Academia, 2003. 397 с.
- Емельянов В.А., Митропольский А.Ю., Наседкин Е.И. и др.* Геоэкология Черноморского шельфа Украины. Киев: Академперіодика, 2004. 141 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015 / Под ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2016. 184 с.
- Ковригина Н.П., Немировский М.С.* Гидрохимическая характеристика вод озера Донузлав по данным 1990–1997 гг. // Экология моря. 1999. Вып. 48. С. 10–14.
- Курнаков Н.С., Кузнецов В.Г., Дзен-Литовский А.И. и др.* Соляные озера Крыма. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 278 с.
- Лебедев С.А.* Оценка фоновое загрязнение нефтепродуктами Черного и Каспийского морей с использованием данных дистанционного зондирования и модельных расчетов // Мат-лы Междунар. научно-практ. конф. «Экологические проблемы современности». Майкоп, Россия, 5 мая 2009 г. С. 25–44.
- Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа, регламентированная в документе М049-П/02. СПб.: ООО «Спектрон», 2002. 16 с.
- Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.* Геохимия Черного моря. Киев: Наукова думка, 1982. 114 с.
- Мионов О.Г., Миловидова Н.Ю., Кирюхина Л.Н.* О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиол. журн. 1986. Т. 22. № 6. С. 76–78.
- Пасынков А.А., Тихоненков Э.П., Тихоненкова Е.Г.* Методика и технология экологического мониторинга среды акватории Черного моря в районе Донузлавского лимана // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2012. Т. 1. № 26. С. 58–63.
- Переладов М.В.* Структура биотопа и современное состояние поселений устриц (*Ostrea edulis*) в озере Донузлав, п-ов Крым, Черное море // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 163. С. 36–47.
- Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатъева О.Г., Коновалов С.К., Овсяный Е.И.* Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Черного моря) // Экология моря. 2007. Вып. 73.
- Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С.Г. Орадовского. Л.: Гидрометеониздат, 1977. 208 с.
- Санитарно-биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под общ. ред. О.Г. Миронова. ИнБЮМ НАН Украины. Севастополь: ЭкоСи-Гидрофизика, 2009. 192 с.
- Тихоненкова Е.Г.* Влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние геологической среды и геохимические ландшафты озера Донузлав // Уч. зап. Таврического национального ун-та им. В.И. Вернадского. Сер. география. 2008. Т. 21(60). № 3. С. 359–365.
- Тихоненкова Е.Г., Пасынков А.А., Иванютин Н.М.* Закономерности распределения загрязняющих веществ в водах сопредельных участков озера Донузлав и Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2010. № 4. С. 75–84.
- Юровский Ю.Г.* Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения. Монография. Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. 260 с.
- Юровский Ю.Г., Юровская Т.Н., Прусов А.В.* Проблемы оценки экологического состояния донных отложений и субмаринная разгрузка подземных вод // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. Вып. 26. С. 116–126.
- Neue Niederlandische Liste // Altlasten Spektrum. 1995. 3/95. 200 p.

Поступила в редакцию 26.10.2018  
После доработки 19.11.2018  
Принята к публикации 06.12.2018

Е.А. Kotelyanets<sup>1</sup>, О.В. Soloveva<sup>2</sup>, Е.А. Tikhonova<sup>3</sup>

## POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE DONUZLAV LAKE

The Donuzlav Lake, which is located in the western part of the Crimean peninsula, is actively exploited by man. The sand is extracted and mussels and oysters farms are operating. The eastern part of the lake is actively exploited. The western coast of the Donuzlav Lake is not subjected to anthropogenic pressure and is poorly studied. The study is aimed at the comprehensive assessment of pollution level for the priority classes of pollutants. This assessment includes the determination of the content of oil hydrocarbons in water and bottom sediments; chloroform-extractable substances and microelements (Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, V, Sr, Ti, Mn, Fe) in the bottom sediments of the north-western coast of the Donuzlav Lake. Concentrations of oil hydrocarbons in lake water do not exceed the MPC for fishery reservoirs. According to the content of chloroform-extractable substances, bottom sediments of the lake correspond to I–III levels of pollution. Concentrations of metals in marine sediments of the northwestern coast of the Donuzlav Lake differ from the adjacent areas of the open sea. Higher concentrations of microelements (Zn, Co, V, Sr, Ti) were recorded for the studied coastal water area while for the bottom sediments of the open sea this geochemical feature was not revealed. Basing on the 2017 data on the level of bottom sediments contamination with priority classes of pollutants, the Donuzlav Lake can be characterized as a reservoir with an intermediate pollution level.

*Key words:* pollutants, oil hydrocarbons, chloroform-extractable substances, microelements

**Acknowledgments.** The study was realized within the framework of the state task of FSBIR MHI «Complex interdisciplinary studies of oceanologic processes, determining the functioning of the Black and Azov Sea coastal zones» (№ 0827-2019-0004); as well as the state task of FSBIR IMBI «Molismological basics of marine ecosystems homeostasis» (№ 0828-2019-0006).

The authors are grateful to E.I Golubeva, Professor of the Lomonosov Moscow State University, and to anonymous reviewers for a thorough analysis of the article and valuable comments.

## REFERENCES

- Agarkova-Ljah I.V.* Sovremennoe sostojanie pljazhej zapadnogo poberezh'ja Kryma i aktual'nye voprosy beregovogo prirodopol'zovanija [present-day state of beaches on the western coast of Crimea and the actual problems of coastal nature management] // *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon morja*. 2014. Vyp. 29. P. 50–60. (In Russian)
- Anisova S.N., Lesnikov L.A., Minaeva T.V., Lyashenko S.F.* Obobshchennyj perechen' predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnej vozdeystviya (OBUV) vrednyh veshchestv dlya vody rybohozyajstvennyh vodoyomov [General list of maximum permissible concentrations and safe reference levels of impact (SRLI) of hazardous substances for the water of fishery reservoirs]. M.: VNIRO, 1990. 46 p. (In Russian)
- Boltacheva N.A., Kolesnikova E.A., Revkov N.K.* Fauna makrozoobentosa limana Donuzlav (Chernoe more) [Fauna of macrozoobentosa in the Donuzlav coastal lake (the Black Sea)] // *Jekologija morja*. 2002. Vyp. 62. P. 10–13. (In Russian)
- Dobrovol'skij V.V.* Osnovy biogeohimii [Fundamentals of biogeochemistry]. M.: Academia. 2003. P. 397. (In Russian)
- Emel'yanov V.A., Mitropol'skij A.Y., Nasedkin E.I. i dr.* Geoehkologiya Chernomorskogo shel'fa Ukrainy [Geoecology of the Black Sea shelf in Ukraine]. Kiev: Akadempriodika, 2004. P. 141. (In Russian)
- Kachestvo morskikh vod po gidrohimicheskim pokazateljam [Quality of marine water in terms of hydrochemical parameters]. *Ezhegodnik 2015 / Pod red. A.N. Korshenko*. Moskva: Nauka, 2016. P. 184. (In Russian)
- Kovrigina N. P., Nemirovskij M. S.* Gidrohimicheskaya harakteristika vod ozera Donuzlav po dannym 1990–1997 gg. [Hydrochemical characteristics of the Donuzlav Lake water according to 1990–1997 data] // *Ekologiya morya*. 1999. Vyp. 48. P. 10–14. (In Russian)
- Kurnakov N.S., Kuznetsov V.G., Dzen-Litovskij A.I. i dr.* Solyanye ozera Kryma [Salt lakes in Crimea]. M.-L.: Iz-vo AN SSSR, 1936. 278 p. (In Russian)
- Lebedev S.A.* Ocenka fonovogo zagryznenija nefteproduktami Chjornogo i Kaspijskogo morej s ispol'zovaniem dannyh distancionnogo zondirovanija i model'nyh raschjotov [Assessment of background pollution of the Black and Caspian seas with oil products using the remote sensing data and model calculations] // *Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. (In Russian)
- Metodika vypolnenija izmerenij massovoj doli metallov i oksidov metallov v poroshkovykh probah pochv metodom rentgenofluorescentnogo analiza, reglamentirovannaja v dokumente M049-P/02 [Technique of performing the measurements of the weight percentage of metals and metal oxides in powdered samples of soils by X-ray fluorescence analysis regulated by the M049-P/02 document]. SPb.: OOO «Spektron». 2002. 16 p. (In Russian)
- Mironov O.G., Milovidova N.Ju., Kirjuhina L.N.* O predel'no dopustimyh koncentracijah nefteproduktov v donnyh osadkah pribrezhnoj zony Chjornogo morja [About maximum permissible concentrations of oil products in bottom sediments in the coastal zone of the Black Sea] // *Gidrobiol. z.* 1986. T. 22. № 6. P. 76–78. (In Russian)

<sup>1</sup> FSBIS Marine Hydrophysical Institute of RAS, Shelf Hydrophysics Department, Junior Research Scientist; Lomonosov Moscow State University, Sevastopol Branch, engineer; *e-mail:* plistus@mail.ru.

<sup>2</sup> A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Department of marine sanitary hydrobiology, Senior Research Scientist, PhD. in Biology; *e-mail:* kozl\_ya\_oly@mail.ru

<sup>3</sup> A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Department of marine sanitary hydrobiology, Senior Research Scientist, PhD. in Biology; *e-mail:* tihonoval@mail.ru

*Mitropol'skij A.Ju., Bezborodov A.A., Ovsjanyj E.I.* Geohimija Chjornogo morja [Geochemistry of the Black Sea]. Kiev: Naukova dumka, 1982. P. 114. (In Russian)

Neue Niederlandische Liste // *Altlasten Spektrum*. 1995. 3/95. 200 p.

*Pasynkov A.A., Tihonenkov E.P., Tihonenkova E.G.* Metodika i tehnologiya ehkologicheskogo monitoringa sredy akvatorii Chyornogo morja v rajone Donuzlavskogo limana [Methods and technologies of environmental monitoring of the Black Sea water in the vicinity of the Donguzlav coastal lake] // *Ehkologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel' fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*. 2012. T. 1. № 26. P. 58–63. (In Russian)

*Pereladov M.V.* Struktura biotopa i sovremennoe sostojanie poselenij ustric (*Ostrea edulis*) v ozere Donuzlav p-ov Krym, Chjornoe more [Biotope structure and the actual state of oyster colonies (*Ostrea edulis*) in the Donuzlav Lake, the Crimean Peninsula, the Black Sea] // *Trudy VNIRO*. 2016. T. 163. P. 36–47. (In Russian)

*Romanov A.S., Orekhova N.A., Ignat'eva O.G., Kononov S.K., Ovsjanyj E.I.* Vliyanie fiziko-himicheskikh harakteristik donnyh osadkov na raspredelenie mikroehlementov na primere buht Sevastopolja (Chernogo morja) [Influence of physical and chemical parameters of bottom sediments on the distribution of trace elements in the bays of Sebastopol (the Black Sea)] // *Ehkologiya morya*. 2007. Vyp. 73. (In Russian)

Rukovodstvo po metodam himicheskogo analiza morskih vod [Guide on the methods of chemical analysis of marine water] / Pod red. S.G. Oradovskogo. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 208 p. (In Russian)

Sanitarno-biologicheskie issledovanija v pribrezhnoj akvatorii regiona Sevastopolja [Sanitary-biological research in the coastal part of the sea in the Sebastopol region] / Pod obshhej red. O.G. Mironova. InBJuM NAN Ukrainy. Sevastopol': Jekosi-Gidrofizika, 2009. 192 p. (In Russian).

*Tihonenkova E.G., Pasynkov A.A., Ivanjutin N.M.* Zakonomernosti raspredelenija zagriznjajushchih veshhestv v vodah sopredel'nyh uchastkov ozera Donuzlav i Chernogo morja [Regularities of pollutants distribution in water of the adjacent parts of the Donuzlav Lake and the Black Sea] // *Geologija i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*. 2010. № 4. P. 75–84. (In Russian).

*Tihonenkova E.G.*, Vliyanie antropogennoj dejatel'nosti na jekologicheskoe sostojanie geologicheskoy sredy i geohimicheskie landshafty ozera Donuzlav [Impact of anthropogenic activities on the ecological state of geological environment and geochemical landscapes of the Donuzlav Lake] // *Uuchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. serija: geografija*. 2008. T. 21(60). № 3. P. 359–365. (In Russian)

*Yurovskij Yu.G.* Podzemnye vody shel'fa. Zadachi i metody izucheniya [Underground water of the continental shelf. Aims and methods of study]. Monografiya. Simferopol': DIAJPI, 2013. 260 s.

*Yurovskij Yu.G., Jurovskaja T.N., Prusov A.V.* Problemy ocenki jekologicheskogo sostojanija donnyh otlozhenij i submarinnaja razgruzka podzemnyh vod [Problems of the assessment of the ecological state of bottom sediments and the submarine groundwater discharge] // *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel' fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*. Sevastopol': JeKOSI- Gidrofizika, 2012. Vyp. 26. P. 116–126. (In Russian)

Received 26.10.2018

Revised 19.11.2018

Accepted 06.12.2018

УДК 911.2:551.58

В.Г. Маргарян

## ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ АРАРАТСКОЙ РАВНИНЫ И ЕЕ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ

Обсуждены и проанализированы закономерности временного распределения экстремальных значений абсолютной минимальной и абсолютной максимальной температуры воздуха Араратской равнины и ее предгорной зоны, выяснена динамика ее изменения, выявлены существующие проблемы.

*Ключевые слова:* абсолютная минимальная температура воздуха, абсолютная максимальная температура воздуха, динамика изменения, Республика Армения

**Введение.** Для развития экономики региона, в частности, сельского хозяйства необходимо знание закономерностей колебаний экстремальных температур воздуха. Исследование температуры воздуха важно не только для разных отраслей экономики, но и для решения гидрологических проблем, которые имеют прикладное значение. Чрезмерно важна роль термического режима, так как он является залогом здоровья человека и стабильного развития экономики.

Цель работы – выявить и обсудить закономерности временного распределения экстремальных значений температуры воздуха (абсолютной минимальной и абсолютной максимальной), динамику ее изменения, выяснить ее влияние на окружающую среду для территории Араратской равнины и ее предгорной зоны.

**Методы исследования и фактические материалы.** Для решения поставленных задач теоретической основой явились соответствующие научно-исследовательские данные [Galstyan and Vardanian, 2015; Margaryan, 2010, 2016a, 2016b, 2017; Margaryan, Simonyan, 2015; Margaryan, Vardanian, 2013]. В качестве исходного материала использованы фактические наблюдения за температурой воздуха на метеорологических станциях изучаемой территории, имеющих длинный ряд наблюдений (данные «Службы по гидрометеорологии и активному воздействию на атмосферные явления» МЧС Республики Армения).

Араратская равнина – один из подрайонов Араратского физико-географического района. В пределах республики она имеет длину 100 км, ширина на северо-западе достигает 15–17 км, в юго-западной части – 4–5 км. Поверхность плоская. Высота местности 800–1000 м над уровнем моря, предгорная зона включает южные склоны массива Арагац до высоты 1600 м, Егвардское и Канакерское плато, западные склоны и предгорную часть бассейна реки Арпа до высоты 1600 м.

Ландшафт равнинной части Араратской долины типично пустынный – полупустынный, с харак-

терными сероземными почвами. Местами встречаются песчаные бугры, солончаки, солонцы, а также заболоченные почвы. Значительная часть равнины обработана и занята культурнополивными почвами. Необработанная часть территории покрыта ксерофильной и галофильной растительностью и полынью, а культурнополивные почвы заняты плодовыми садами и виноградниками, плантациями хлопка и других сельскохозяйственных культур. В склонах предгорий очень часто встречаются каменные осыпи и аллювиальные глыбовые россыпи, образованные вследствие активного механического выветривания. Быстрые реки предгорной зоны образовали каньоны глубиной 50–60 м и более с крутыми склонами. На сравнительно низких гипсометрических отметках сформированы серые и бурые почвы, иногда перемежающиеся с солонцеватыми и солончаковыми почвами; преобладающими в этом районе являются каштановые почвы, на верхней границе переходящие в черноземы. Почвы эти покрыты разнотравной степной растительностью [Багдасарян, 1958].

Араратская долина является одним из наиболее засушливых районов Закавказья, особенно её низменная часть, где годовая сумма осадков достигает 200–300 мм. Засушливость региона объясняется главным образом замкнутостью долины. Благодаря большим термическим контрастам между отдельными поясами, горно-долинные ветры развиты очень сильно, особенно летом.

В качестве методологической основы применены математическо-статистический, экстраполяционный, аналитический, корреляционный методы.

**Результаты и обсуждение.** Характерной особенностью климата изучаемой территории является его резкая континентальность с большими годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха. На территории абсолютные минимальные температуры воздуха в годовом разрезе меняются от –20,6 до –32,6°C, а абсолютные максимальные температуры – в пределах 37–42,6°C. В течение года наблюдается хорошо выраженный ход экстремальных

значений температуры воздуха (табл. 1): с одним максимальным и одним минимальным значением. Обычно максимальные значения наблюдаются в июле–августе, минимальные – в декабре–январе. Резкий рост абсолютных максимальных температур воздуха отмечается с марта, а абсолютных минимальных температур воздуха – с апреля.

В табл. 2 приведены экстремальные значения температуры воздуха и их обеспеченность, то есть вероятность того, что рассматриваемое значение может быть превышено. На изучаемой территории в связи с вторжением арктических холодных воздушных масс в холодное время года, особенно в декабре–феврале, наблюдается значительный спад температуры до  $-25,0\dots-30,0^{\circ}\text{C}$  и ниже. При установлении устойчивого антициклона такие температуры могут сохраняться днями и неделями, а в отдельные годы – месяцами. Когда наблюдается такой низкий термический фон, или температура воздуха 10 дней подряд не поднимается выше  $-20,0^{\circ}\text{C}$ , зимы считаются экстремально холодными.

Анализ наблюдений Армгидромета показал, что за последние 1–2 десятилетия экстремально холодные зимы наблюдались в 2002, 2007, 2008, 2013 годах. Сильные морозы в Армении формируются под воздействием следующих барических полей: Скандинавского антициклона, антициклона Кара, Сибирского антициклона, местного антициклона. На неко-

торых метеорологических станциях в ряде многолетних наблюдений в 2002 г. зарегистрирована абсолютная минимальная температура.

На изучаемой территории на формирование сильных холодов особенно сильно влияют микроклиматические условия. Так, на Араратской равнине минимальные температуры воздуха более низкие, чем в предгорной зоне. Причина в том, что с горных склонов в сторону котловины дует холодный воздух и скапливается, что все более и более усиливает морозы. В предгорных районах Араратской равнины (на высотах от 1100 до 1400–1600 м) абсолютная минимальная температура воздуха до  $4,0\text{--}5,0^{\circ}\text{C}$  выше (в абсолютном отношении), чем на Араратской равнине вследствие инверсии.

Отметим, что часть культур в регионе (многолетние травы и озимые) зимует. В это время они переходят в период относительного покоя, период полон непредсказуемыми опасными явлениями (сильными морозами, внезапными оттепелями, мощным слоем снега, малоснежьем, метелями и т. д.). Следовательно, суровые и продолжительные морозы, а также минимальные температуры резко отрицательно влияют на сельхозкультуры. Особенно большой вред они причиняют плодовым деревьям Араратской равнины (абрикосу, персику и т. п.), виноградникам, озимым. Также отрицательно они влияют на здоровье человека, связь и транспорт.

Таблица 1

Месячные значения абсолютной минимальной и абсолютной максимальной температур воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) на Араратской равнине и в ее предгорной зоне

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Абсолютная максимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
Талин	13,1	15,0	20,1	25,8	33,0	32,3	37,5	36,1	35,6	27,8	23,4	13,6
Егвард	13,1	16,0	21,4	28,5	29,8	36,5	38,0	38,7	35,4	30,2	21,5	17,4
Аштарак	12,8	17,5	24,4	32,5	32,2	38,2	40,2	41,2	37,4	30,2	23,7	19,5
Ереван «Арабкир»	17,2	18,0	24,7	33,0	34,1	38,3	41,0	41,9	38,0	30,5	23,0	21,4
Ереван «Агро»	18,4	19,6	26,0	33,7	34,0	38,6	40,5	41,3	38,2	31,9	23,6	21,0
Армавир	17,9	21,0	26,1	33,0	34,6	38,8	40,5	40,5	37,8	35,0	24,5	19,6
Аргашат	19,5	21,8	27,9	33,7	35,1	39,3	42,6	41,4	39,3	32,1	27,8	22,1
Урцадзор	17,1	18,4	26,2	31,8	35,3	39,5	40,6	41,5	38,0	33,2	28,5	20,8
Арарат	18,9	21,0	27,8	34,5	35,3	39,4	41,3	42,2	39,3	32,2	24,0	21,9
Абсолютная минимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$												
Талин	-26,1	-23,2	-21,1	-14,6	-3,20	-0,50	3,40	5,00	-0,20	-9,30	-18,2	-25,3
Егвард	-32,6	-25,3	-21,0	-13,4	-3,00	-0,20	5,30	6,10	0,10	-6,70	-18,6	-25,0
Аштарак	-24,5	-21,8	-15,0	-9,00	0,90	4,80	6,80	9,50	3,00	-4,00	-12,3	-21,5
Ереван «Арабкир»	-20,6	-19,0	-16,4	-8,30	1,00	2,10	7,30	8,60	2,60	-3,90	-9,80	-20,0
Ереван «Агро»	-30,1	-26,2	-25,2	-10,9	-0,50	2,40	8,10	7,00	1,00	-5,70	-16,4	-28,3
Армавир	-31,4	-31,0	-22,7	-9,60	0,30	3,10	7,30	7,40	-2,00	-6,60	-17,3	-30,0
Аргашат	-28,9	-28,7	-27,2	-9,00	-0,60	3,30	4,50	8,00	-0,20	-5,50	-16,0	-27,3
Урцадзор	-23,2	-21,1	-20,1	-8,90	-0,10	1,20	7,40	6,30	0,60	-4,30	-15,7	-26,1
Арарат	-29,7	-29,2	-23,0	-6,20	1,50	5,50	8,70	7,30	1,60	-4,70	-12,5	-31,6

Таблица 2

**Абсолютные максимальные и минимальные значения температуры воздуха (°С) и их обеспеченность на Араратской равнине и в ее предгорной зоне**

Метеостанция	Абсолютная высота, м над ур. м.	Абсолютные значения		Обеспеченность, %						Среднее значение
				5	25	50	75	95	99	
Егвард	1321	максимальное	38,7	38,3	36,5	35,6	34,6	33,0	32,4	35,5
		минимальное	-32,6	-25,0	-21,8	-19,2	-16,2	-11,2	-6,9	-18,9
Аштарак	1090	максимальное	41,2	40,7	38,7	37,7	36,0	34,7	33,2	37,5
		минимальное	-24,5	-22,4	-18,0	-15,5	-13,1	-10,0	-7,0	-15,8
Армавир	861	максимальное	40,5	40,4	39,2	38,3	37,1	36,2	34,7	38,1
		минимальное	-31,4	-28,8	-24,0	-18,5	-14,9	-11,0	-7,0	-19,4
Ереван «Агро»	942	максимальное	41,3	40,5	39,3	38,1	37,4	36,0	34,6	38,3
		минимальное	-30,1	-28,0	-23,5	-18,9	-14,9	-9,8	-5,4	-19,0

В летние месяцы вследствие адвекции тропического теплого воздуха с юга на изучаемой территории наблюдается теплая и сухая погода. На территории Армении очень жаркой считается погода, когда максимальная температура воздуха в долинных районах поднимается до 40,0°С и выше. Подобные высокие температуры в основном наблюдаются в июле–августе, иногда – в сентябре. Для формирования жары благоприятна циркуляция атмосферы меридионального характера. Наиболее жарким летом выделялись 2000, 2003, 2006, 2010, 2011, 2015 гг. В регионе почти каждый год могут наблюдаться засушливые и суховейные ситуации, которые особенно опасны в июле–августе месяцах. Из-за них затрудняются полевые работы в неорошаемых районах, а также работы с озимыми в августе–сентябре.

Отметим, что согласно средним годовым значениям многолетних наблюдений за температурой воздуха приземного слоя атмосферы на изучаемой территории самым теплым годом был 2010, а самым холодным – 1972 г.

В целом абсолютная максимальная температура воздуха понижается с увеличением абсолютной высоты местности. С высотой изменение абсолютной минимальной температуры характеризуется следующими двумя закономерностями. На территории Араратской равнины (800–1000 м) наблюдается снижение абсолютной минимальной температуры воздуха, а в пределах предгорной зоны (1100–1400 м) – рост. Последнее означает, что в первом случае, на более низких отметках высот регистрируются абсолютные минимальные температуры воздуха большего значения (в абсолютном

отношении), чем на высоких, а во втором случае – наоборот. Это обусловлено сложностью орографии региона.

В табл. 3 показано распределение средних годовых и экстремальных значений температуры воздуха по вертикальным поясам. Это дает возможность оценить термический режим неизученных и малоизученных территорий и составить карты их пространственного распределения.

Одним из основных инструментов оценки изменения климата являются эмпирико-статистический анализ, глобальные и региональные математические модели. С помощью уравнивания тренда и экстраполяционного метода оценена динамика климатических изменений годовых экстремальных значений температуры воздуха приземного слоя атмосферы, наблюдаемых в засушливой горной экосистеме Араратской равнины и предгорьев за период с начала наблюдений по 2015 г.

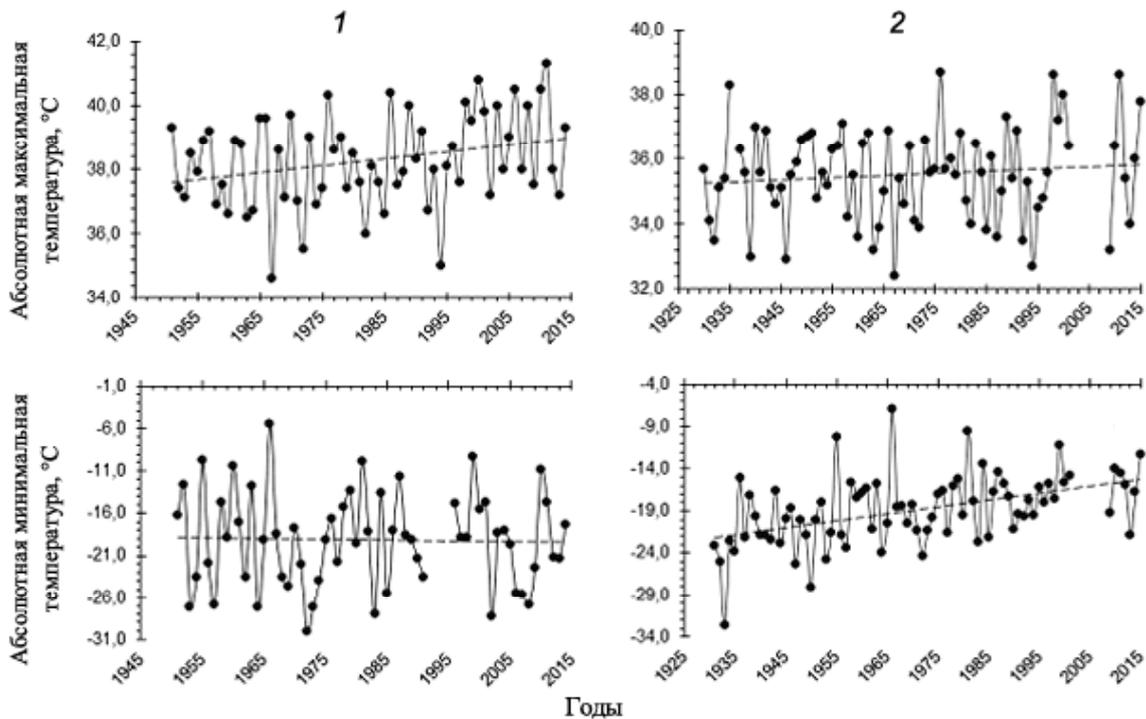
В регионе согласно данным фактических наблюдений метеостанций, абсолютные максимальные и абсолютные минимальные температуры (в абсолютном отношении) преимущественно проявляют тенденцию роста (рис.). Эта закономерная динамика свидетельствует о том, что на изучаемой территории в плане температур регистрируется тенденция опустынивания, смягчение зим.

Исследования показывают, что согласно данным фактических наблюдений на всех метеорологических станциях региона отмечается только рост абсолютной максимальной и абсолютной минимальной температур (в абсолютном отношении). В результате в связи с ростом температуры засушли-

Таблица 3

**Экстремальные значения температуры воздуха по вертикальным поясам на Араратской равнине и в ее предгорной зоне (°С)**

Значения температуры	Вертикальный пояс, м над ур. моря						
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Абсолютные максимальные	43,1	42,3	41,4	40,6	39,7	38,9	38,1
Абсолютные минимальные	-32,6	-28,6	-24,6	-23,0	-26,4	-29,7	-33,1



Динамика изменения абсолютной максимальной и минимальной температуры воздуха на метеостанциях Ереван «Агро» (1) и Егвард (2)

Dynamics of changes of the absolute maximum and the absolute minimum air temperatures at Yerevan «Agro» (1) and Egvard (2) meteorological stations

вость Араратской равнины и предгорной зоны, имеющей и без того сухие климатические условия, увеличится. Это будет способствовать увеличению интенсивности испарения с почвы и повлечет за собой изменение уровня грунтовых вод в сторону понижения, засоление почв и их ощелачивание.

В результате в регионе наблюдается и ожидается увеличение частоты, интенсивности и продолжительности опасных гидрометеорологических явлений, усиление вторичного засоления почв и переувлажнения, расширение зоны, требующей орошения, уменьшение урожайности основных сельскохозяйственных культур, сокращение земельных угодий, лесных и других зеленых насаждений, водных ресурсов, исчезновение эндемических видов растений и замедление воспроизводства

животного мира, нарушение экологического баланса природных экосистем, ухудшение состояния здоровья населения.

#### Выводы:

- на Араратской равнине четко выражен годовой ход экстремальных значений температуры воздуха;
- на изучаемой территории наблюдается тенденция роста экстремальных значений температуры воздуха (в абсолютном отношении).

- необходимо: 1 – сохранить, усилить, расширить и улучшить сеть, систему и мониторинг климатических наблюдений; 2 – разработать программы стратегии адаптации последствий роста экстремальных значений температуры воздуха, которые послужат стимулом для перспективного развития экономики региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багдасарян А.Б. Климат Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1958. 151 с.

Galstyan H., Vardanian T. Long Term Variability Of Extreme Temperature In Armenia On The Context Of A Changing Climate // Hydrometeorological security Problems of economic activity in conditions of climate change. Collection of scientific articles of the International Scientific Conference, Minsk, 5–8 May, 2015, P. 102–104.

Margaryan V.G. Assessment impact of global change climate on the temporary changes of evaporation in the valley Ararat of Armenian Republic // Book of abstracts. 3rd international scientific

conference Geobalcanica. 20–21 May, 2017. Skopje, Republic of Macedonia. P. 18.

Margaryan V.G. Estimation Dynamics Change of Temperature of Atmospheric Air in Context of Climate Change in Syunik Region of the Armenian Republic // Book of Abstracts: «33rd International Geographical Congress», 2016 21–25 August, Beijing, China. 2016. P. 323.

Margaryan V.G. The Dynamics Change of Average Annual Values of Air Temperature in Instrumental Period (On the Pattern of Mountainous Territory of the Republic of Armenia) // The conference Global Climate Observation: the Road to the Future. 2–4 March 2016 Amsterdam. P 37–38.

*Margaryan V.G.* The features of air thermal behavior (1935–2006) in Armenia // Abstracts of the International Geographical Union Regional Conference «Bridging Diversity in a Globalizing World» CD-ROM, Tel Aviv, Israel, 2010.

*Margaryan V.G., Simonyan L.M.* Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri // ICUC9 – 9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate jointly with 12<sup>th</sup> Symposium on the Urban Environment. Toulouse, July 20–24, 2015.

*Margaryan V.G., Vardanian T.G.* The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on the pattern of Synik marz) // Technological processing and information control of environmental protection of administrative region. The second international conference Programm & abstracts 22–24 October 2013, Yerevan, Armenia, Yerevan, 2013. 22 p.

Поступила в редакцию 27.03.2018

После доработки 19.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

**V.G. Margaryan<sup>1</sup>**

**TRENDS OF EXTREME TEMPERATURES  
OF THE SURFACE AIR LAYER WITHIN  
THE ARARAT PLAIN AND ITS FOOTHILL ZONE**

Regularities of the temporal distribution of extreme air temperature values (absolute minimum and absolute maximum) in the Ararat Plain and its foothill zone are discussed; the dynamics of changes is investigated and the existing problems are revealed.

*Key words:* absolute minimum air temperature, absolute maximum air temperature, dynamics of changes, the Republic of Armenia

REFERENCES

*Baghdasaryan A.B.* Klimat Armyanskoj SSR [The climate of Armenian SSR]. Yerevan: Publishing House of the Armenian SSR Academy of Sciences. 1958. 151 p. (In Russian)

*Galstyan H., Vardanian T.* Long Term Variability Of Extreme Temperature In Armenia On The Context Of A Changing Climate // Hydrometeorological security Problems of economic activity in conditions of climate change, Collection of scientific articles of the International Scientific Conference, Minsk, 5–8 May, 2015. P. 102–104.

*Margaryan V.G.* Assessment impact of global change climate on the temporary changes of evaporation in the valley Ararat of Armenian Republic // Book of abstracts. 3<sup>rd</sup> international scientific conference Geobalcanica. 20–21 May, 2017. Skopje, Republic of Macedonia. P. 18.

*Margaryan V.G.* Estimation Dynamics Change of Temperature of Atmospheric Air in Context of Climate Change in Syunik Region of the Armenian Republic // Book of Abstracts: «33<sup>rd</sup> International Geographical Congress», 2016 21–25 August, Beijing, China. 2016. P. 323.

*Margaryan V.G.* The Dynamics Change of Average Annual Values of Air Temperature in Instrumental Period (On the Pattern of Mountainous Territory of the Republic of Armenia) // The conference Global Climate Observation: the Road to the Future. 2–4 March 2016. Amsterdam. P. 37–38.

*Margaryan V.G.* The features of air thermal behavior (1935–2006) in Armenia // Abstracts of the International Geographical Union Regional Conference «Bridging Diversity in a Globalizing World» CD – ROM, Tel Aviv, Israel, 2010.

*Margaryan V.G., Simonyan L.M.* Estimation of dynamics change of average and extreme annual values of atmospheric air temperature of ground layer of Gyumri // ICUC9 – 9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate jointly with 12<sup>th</sup> Symposium on the Urban Environment. Toulouse, July 20–24, 2015.

*Margaryan V.G., Vardanian T.G.* The estimation of extremal temperatures of atmospheric air in Armenia (on the pattern of Synik marz) // Technological processing and information control of environmental protection of administrative region. The second international conference Programm & abstracts 22–24 October 2013, Yerevan, Armenia, Yerevan, 2013. 22 p.

Received 27.03.2018

Revised 19.11.2018

Accepted 06.12.2018

УДК 911.7

А.С. Зиновьев<sup>1</sup>, К.А. Морачевская<sup>2</sup>

## СТРУКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЩЕСТВЕННОЙ ГЕОГРАФИИ ЗА РУБЕЖОМ (ПО МАТЕРИАЛАМ СЪЕЗДА АССОЦИАЦИИ АМЕРИКАНСКИХ ГЕОГРАФОВ)

Представлены результаты анализа структуры исследований в общественной географии за рубежом на основе материалов съезда Ассоциации американских географов 2018 г. – крупнейшего по числу участников научного мероприятия. Выявлено, что теоретико-методические исследования развиваются в ответ на новые общественные вызовы и нацелены на практические потребности территориального управления. Широта тем подкрепляется использованием новых данных (в том числе «больших данных»). Выделяется тренд на доминирование городских исследований, в которых происходит расширение тематики «вглубь». Специфика западного общественного устройства и дискурса объясняют повышенный интерес к темам социальной справедливости, права на пространство уязвимых слоев населения, мигрантов.

*Ключевые слова:* зарубежная общественная география, Ассоциация американских географов.

**Введение и постановка проблемы.** Повышение мобильности ученых, рост открытости результатов исследований и усиление международных научных связей являются следствиями интернационализации общественной жизни. Однако ответ на вопрос, способствует ли это сближению уровней развития и структуры наук в разных странах мира, неочевиден. География как наука формируется во взаимосвязи с потребностями общества, а значит, сильно зависит от стадии его развития и актуальных проблем. Несмотря на расширение тематики исследований в отечественной общественной географии<sup>3</sup> в постсоветский период, структурно и методически данная наука в России существенно отличается от западной.

Сообщения об итогах работы крупнейших конференций по социально-экономической географии и региональным наукам нередко публикуются в отечественных изданиях [Kolosov, Tishkov, 2012; Колосов, 2015; Сысоева с соавт., 2012; Пилясов, 2012, 2015]. Обзоры часто заканчиваются идеями, как расширить инструментарий, внедрить особые методические приемы и, наконец, обратить внимание на новые темы для отечественной социально-экономической географии.

В данной статье обратимся к выявлению ключевых трендов, тематической структуры и методических особенностей исследований по общественной географии за рубежом, проанализировав материалы ежегодного съезда Ассоциации американских географов 2018 г. Основанная в 1904 г. Ассоциация американских географов (AAG) представляет собой разветвленную сеть исследователей, преподавателей, специалистов и студентов со всего мира.

На сегодняшний день ежегодный съезд AAG является крупнейшим по числу участников научным мероприятием в географической науке.

**Материалы.** 194 ежегодный конгресс AAG состоялся с 10 по 14 апреля 2018 г. в Новом Орлеане, штат Луизиана. Участниками съезда ассоциации стали 8550 человек, из них около 35% приехали из-за пределов США (около 90 стран-участниц). По сложившейся традиции организаторы предложили 3 ключевых направления работы конгресса с учетом локальных особенностей принимающего мероприятия региона: «География афроамериканского населения» (Black Geography), «Общественное участие и география» (Public Engagement in Geography) и «Риски, география и ГИС» (Hazards, Geography, and GIScience). «Сквозные» темы нашли отражение в работе многих пленарных и специальных сессий.

Для подробного изучения нами был выбран самый популярный тип заседаний, в котором принимает участие наибольшее число ученых – секции с устными докладами. Около 3/4 секций относились к общественной географии. Всего была проанализирована тематика 503 заседаний, которые были сгруппированы в 19 блоков.

**Результаты исследования.** Одним из авторов данной статьи совместно с Д.Ю. Землянским в 2010 г. были выделены ключевые тенденции в западной общественной географии на основе анализа материалов съезда AAG-2009 [Землянский, Морачевская, 2010]. Среди основных – деконцентрация в тематике работ (отсутствие доминирования узкого круга тем), акцент на микрогеографические исследования. Анализ материалов съезда AAG-2018 показал, что прошедшие 10 лет, пожалуй, еще бо-

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, ст. преподаватель кафедры экономической и социальной географии; *e-mail*: a.zinovyev@spbu.ru

<sup>2</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта, научный сотрудник Института природопользования, территориального развития и градостроительства; Санкт-Петербургский государственный университет, старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии, канд. геогр. н.; *e-mail*: k.morachevskaya@spbu.ru

<sup>3</sup> Термины «Общественная география» и «Социально-экономическая география» применяются здесь как синонимы. В западной практике их аналогом чаще всего выступает термин «Human Geography».

лее увеличили структурные различия между отечественной и зарубежной общественной географией.

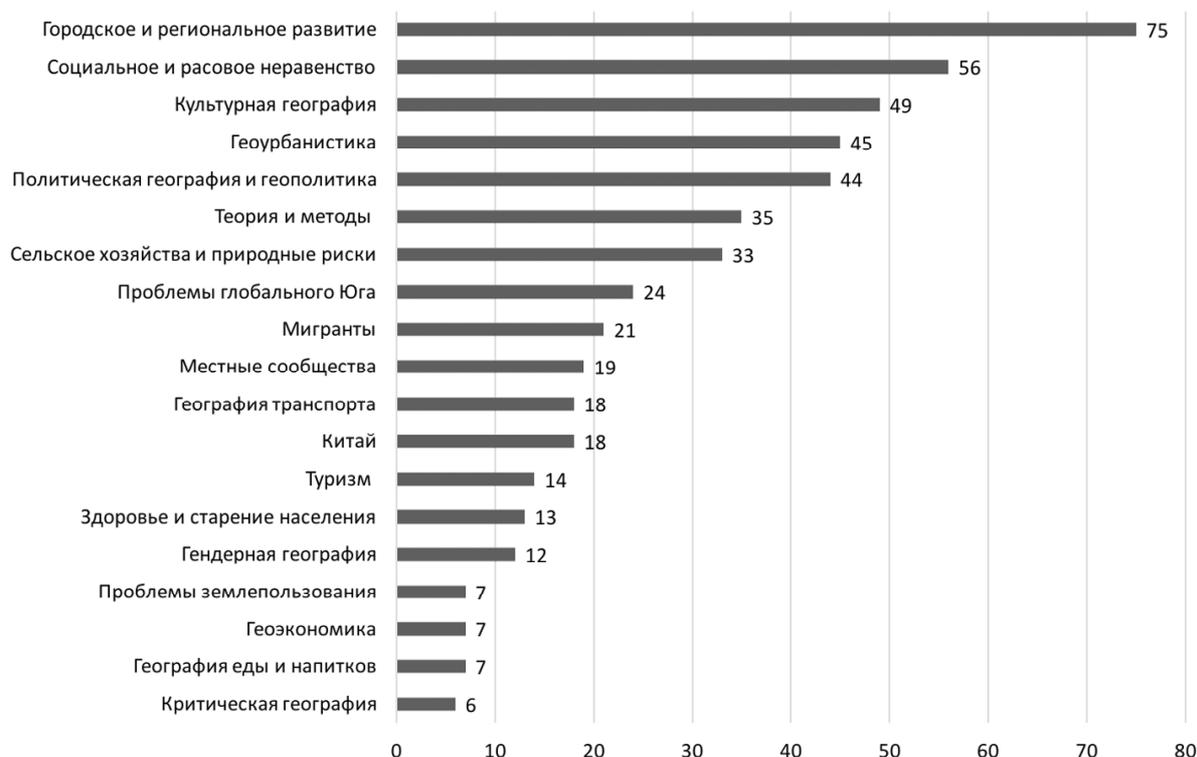
Различия в социально-экономических процессах от места к месту, между городами и среди регионов разного типа всегда являлись одной из наиболее значимых тем в общественной географии. Секции такой направленности отнесены нами к укрупненному блоку «Городское и региональное развитие» (рис.). Доклады отличает предельная конкретность тем, глубина погруженности в проблему, внимание к встраиванию во внешний контекст. Какие эффекты оказывают крупнейшие спортивные события на развитие городов? Как новые отрасли, «экспериментирующие» с классическими факторами размещения, влияют на поляризацию пространства? Как планировать развитие городов и регионов, для которых кризисное состояние стало «новой нормальностью»? Подобные подходы отличаются от классических оценок уровня регионального и городского развития для целей территориального управления.

Изучение социального и расового неравенства чаще всего сводится к исследованию проблем доступа к отдельным участкам пространства (право на пространство как социальная справедливость). Мобильность разных слоев общества, различные аспекты сегрегации, доступность социальных услуг (образования, медицины) и природных ресурсов (земли, воды) – такие темы поднимаются в докладах ученых всего мира. Схожие вопросы также рассматриваются в блоке секций по мигрантам, проблемам

развития глобального Юга, гендерной и критической географии.

Около 10% секций посвящены культурной географии, которая занимает одно из центральных мест в географических исследованиях, прежде всего, в США. Центральным концептом является «создание мест» (place-making). Неординарные доклады касаются чувства места, брендинга места, взаимоотношений места и идентичности, места и музыки, мемориальных ландшафтов, географии культуры материнства и повседневных практик молодежи. Как правило, такие исследования проводятся на микро- или даже наноуровнях (например, для отдельных домов или объектов).

Тематика секций блока «Геоурбанистика» близка к новым трендам в российской социально-экономической географии и смежных науках (социологии, экономике, архитектуре). Ревитализация, редевелопмент, «умные города», ритейл, городская недвижимость, джентрификация – темы, часто поднимаемые в современных отечественных работах урбанистов. В то же время значимая доля докладов посвящена так называемому «новому урбанизму» – концепции, сформировавшейся в США еще в 1980-х гг. Она подразумевает развитие смешанной квартальной застройки с пешеходной доступностью рабочих мест, социальной и развлекательной инфраструктуры. Что будет после субурбанизации? Таким вопросом также задаются зарубежные ученые. Отдельное место занимают исследования новых акторов городской экономики – например, рантье (живущих



Распределение секций по укрупненным тематическим направлениям

Distribution of sessions over the larger thematic groups

на нетрудовой доход, например, от сдачи жилья в аренду).

В блоке секций по политической географии поднимается как современные конъюнктурные проблемы (политическая география в период «постправды», роль цифровых медиа в геополитическом процессе, геополитическая экология, активизм и повстанческие движения в XXI веке), так и ставшие уже традиционными вопросы о роли границ в современном мире, национализме и государственном суверенитете, электоральной географии. Ближний Восток, «курдский вопрос», средиземноморская интеграция, будущее Тдиной Европы – типичные региональные политические проблемы, по которым проводят исследования и высказывают мнение политико-географы.

Новые объекты и темы исследования появляются одновременно с развитием методов и методик. Обсуждению этих вопросов посвящено 35 секций на съезде в Новом Орлеане. Сквозной темой заседаний является обсуждение так называемых «больших данных» (Big Data): данные социальных медиа, мобильных операторов в настоящее время все чаще составляют информационную базу исследований. Геоинформационное моделирование развития систем расселения, прогнозирование численности населения, анализ локальных передвижений населения средствами ГИС, сетевой анализ в отраслевых исследованиях составляют далеко неполный перечень обсуждаемых тем. Самый важный вывод состоит в том, что теория и методы – это те секционные заседания, где встречаются исследовательские интересы и практические потребности стратегического планирования, территориального управления и прогнозирования.

Единственной страной, которая более одного раза фигурирует в названиях секций, является Китай (18 секций). Это объясняется как возросшим интересом к Китаю как к новому лидеру в мировой экономике и политике, так и большим количеством участников конференции из Китая, а также внушительной китайской диаспорой в университетах США. Какие управленческие и социально-экономические проблемы провоцирует процесс урбанизации в Китае? Что такое новая культурная география в Китае? Как

развиваются сельское хозяйство и транспорт в данной стране? Как распределены китайские инвестиции по государствам мира? Таков перечень главных тем.

Тематика некоторых секций довольно тесно переплетена с заглавными темами конференции. Трагедия, случившаяся с Новым Орлеаном в 2005 г., сместила фокус многих исследований на последствия природных катастроф для населения и экономики, а также роль местных сообществ в восстановлении пострадавших городов.

### Выводы

Анализ структуры современных исследований в общественной географии за рубежом приводит к следующим выводам:

- теория и методы исследований разрабатываются во взаимосвязи с практическими потребностями общества. Новый общественный вызов, новые экономические процессы, которые необходимо учитывать в территориальном управлении, ведут за собой разработку методического аппарата;

- многогранность является чертой большинства исследований. Компоненты разных отраслевых направлений в общественной географии сходятся в изучении любых новых феноменов;

- широта исследовательских интересов удовлетворяется использованием новых типов данных (в противовес официальной статистике, социологическим методам или в дополнение к ним);

- тренд на доминирование городских исследований объясняется не только высоким уровнем урбанизации в западных странах, но и новыми формами и усложнением территориальной структуры урбанизационных процессов. Параллельно происходит развитие данной тематики «вглубь»;

- специфика западного общественного устройства и дискурса объясняют повышенный интерес к отдельным темам (социальная справедливость и право на пространство уязвимых слоев населения), которые могут быть мало актуальными для других типов обществ;

- конъюнктурные процессы и явления находят незамедлительное отражение в научных исследованиях в общественной географии за рубежом (мигранты, проблемы глобального Юга, преодоление последствий природных рисков).

**Благодарности.** Работа выполнена в Балтийском федеральном университете имени Иммануила Канта при финансовой поддержке Программы повышения международной конкурентоспособности БФУ им. И. Канта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Землянский Д.Ю., Морачевская К.А.* Современные направления исследований общественной географии России и Запада: сравнительный анализ // Теория социально-экономической географии: современное состояние и перспективы развития. Матлы межд. науч. конф. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2010. С. 421–424.

*Колосов В.А.* Всемирный форум географов в Москве: научные итоги и перспективы международного сотрудничества // География в школе. 2015. № 10. С. 3–9.

*Пилысов А.Н.* Интеграция в мировую науку: 54-й конгресс Европейской ассоциации региональной науки // Регион: экономика и социология. 2015. № 2(86). С. 322–341. DOI: 10.15372/REG20150616

*Пилысов А.Н.* Креативность наперекор старению: о докладах конгресса Европейской ассоциации региональной науки «Регионы в движении. Нарушая сложившиеся традиции» 21–25 августа 2012 года // Современные производительные силы. 2012. № 1. С. 160–165.

*Сысоева Н.М., Куклина В.В., Лужкова Н.М.* Съезд ассоциации американских географов // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 184–185.

Annual Meeting Program. April 10–14 2018. New Orleans, Louisiana. URL: [http://www.aag.org/galleries/conference-files/AAG\\_2018AnnualMeetingProgram\\_Final\\_Lowres.pdf](http://www.aag.org/galleries/conference-files/AAG_2018AnnualMeetingProgram_Final_Lowres.pdf) (дата обращения: 05.10.2018)

*Kolosov V.A., Tishkov A.A.* Down to Earth and its current problems (on the results of the International Geographical Congress in Cologne, Germany, 25–30 August, 2012) // Geography, Environment, Sustainability. 2012. V. 4. Iss. 4. P. 96–102.

Поступила в редакцию 07.11.2018

После доработки 27.11.2018

Принята к публикации 06.12.2018

**A.S. Zinovyev<sup>1</sup>, K.A. Morachevskaya<sup>2</sup>**

**STRUCTURE OF CURRENT STUDIES  
IN HUMAN GEOGRAPHY IN FOREIGN COUNTRIES  
(FOLLOWING THE MATERIALS OF THE ANNUAL MEETING  
OF THE ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS)**

The structure of studies in human geography in foreign countries is analyzed basing on the materials of the 2018 Annual Meeting of the Association of American Geographers – the largest scientific event as for participant numbers. It is revealed that theoretical and methodical studies are responding new social challenges and focus on the practical needs of territorial governance. The wide breadth of topics is supported by the use of new data (including «big data»). There is a trend for the dominance of urban research with the «in-depth» expansion of themes. Specific features of the Western societal structure and discourse explain the increased interest in the topics of social justice and the «spatial» rights of the vulnerable groups of population and migrants.

*Key words:* human geography abroad, Association of American Geographers

*Acknowledgements.* The work was carried out at the Immanuel Kant Baltic Federal University and financially supported by the BFU Program of increasing the international competitiveness.

REFERENCES

Annual Meeting Program. April 10–14 2018. New Orleans, Louisiana. URL: [http://www.aag.org/galleries/conference-files/AAG\\_2018AnnualMeetingProgram\\_Final\\_Lowres.pdf](http://www.aag.org/galleries/conference-files/AAG_2018AnnualMeetingProgram_Final_Lowres.pdf) (дата обращения: 05.10.2018)

*Kolosov V.A.* Vsemirnyj forum geografov v Moskve: nauchnye itogi i perspektivy mezhdunarodnogo sotrudnichestva [World Forum of Geographers in Moscow: Scientific Results and Prospects for International Cooperation] // Geografija v shkole. 2015. № 10. P. 3–9. (In Russian)

*Kolosov V.A., Tishkov A.A.* Down to Earth and its current problems (on the results of the International Geographical Congress in Cologne, Germany, 25–30 August, 2012) // Geography, Environment, Sustainability. 2012. V. 4. Iss. 4. P. 96–102.

*Pilyasov A.N.* Integracija v miroviju nauku: 54-j kongress Evropejskoj asociacii regional'noj nauki [Integration into the world science: 54<sup>th</sup> Congress of the European Regional Science Association] // Region: jekonomika i sociologija. 2015. № 2(86). P. 322–341. DOI: 10.15372/REG20150616

*Pilyasov A.N.* Kreativnost' naperekor stareniju: o dokladah kongressa Evropejskoj asociacii regional'noj nauki «Regiony v dvizhenii. Narushaja slozhivshiesja tradicii» 21–25 avgusta 2012 goda [Creativity against aging: about presentations at the Congress of the European Regional Science Association «Regions on the Move. Breaking the established traditions» August 21–25, 2012] // Sovremennye proizvoditel'nye sily. 2012. № 1. P. 160–165. (In Russian)

*Sysoeva N.M., Kuklina V.V., Luzhkova N.M.* S'ezd asociacii amerikanskih geografov [Annual Meeting of the Association of American Geographers] // Geografija i prirodnye resursy. 2012. № 3. P. 184–185. (In Russian)

*Zemlyanskii D.Ju., Morachevskaya K.A.* Sovremennye napravlenija issledovanij obshhestvennoj geografii Rossii i Zapada: sravnitel'nyj analiz [Modern trends in human geography research in Russia and the West: a comparative analysis] // Teorija social'no-jekonomicheskoj geografii: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya. Materialy mezhd. nauch. konf. Rostov-na-D.: Izd-vo JuFU, 2010. P. 421–424. (In Russian)

Received 07.11.2018

Revised 27.11.2018

Accepted 06.12.2018

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Department of Economic and Social Geography, Senior Lecturer; *e-mail:* a.zinovyev@spbu.ru

<sup>2</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Institute of Nature Management, Spatial Development and Urban Planning, Research Scientist; Saint Petersburg State University, Department of Economic and Social Geography, Senior Lecturer, PhD. in Geography; *e-mail:* k.morachevskaya@spbu.ru

## ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 5. География» публикует результаты оригинальных исследований в различных областях географической науки, теоретические, методические и обзорные статьи, представляющие интерес для мирового научного сообщества. К публикации также принимаются краткие сообщения (объем до 5 стр. или 9–10 тыс. знаков с пробелами, до 2 рисунков и до 10 позиций в списке литературы), информация о научных конференциях и событиях, рецензии на книги. Представленные к опубликованию материалы должны соответствовать формальным требованиям журнала, пройти процедуру слепого рецензирования и получить рекомендацию к публикации на заседании редколлегии журнала. Решение о публикации принимается на основе научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

**Комплектность.** Представленные в редакцию материалы должны включать направление с места работы (учебы) автора; текст статьи, подписанный всеми авторами; аннотацию статьи и ключевые слова на русском и английском языках; таблицы, рисунки и подписи к ним. Материалы (за исключением направления) представляются в распечатанном виде в двух экземплярах и в электронном виде.

**Структура и оформление статьи.** На первой странице статьи необходимо указать УДК (печатается над заголовком статьи слева), инициалы и фамилию автора, название статьи. Внизу страницы в виде цифровых сносок для каждого автора указываются место работы, должность, ученая степень, адрес электронной почты. Информация о выполнении работы в рамках программы (проекта), о ее финансовой поддержке указывается в конце статьи. Изложение должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть структурирована и включать рубрики: введение; материалы и методы исследований; результаты исследований и их обсуждение; выводы; список литературы.

Текст набирается шрифтом Times New Roman 14 кеглем через 1,5 интервала, с отступом абзацев 1,25 см. Страницы А4 имеют верхнее и нижнее поля 2 см, 2,5 см слева и 1,5 см справа; с нумерацией вверху страницы. Объем статьи не должен превышать 14–16 страниц (включая список литературы и таблицы) и не более 3–4 рисунков. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках цифрами (1, 2 и т. д.) с правой стороны. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Список литературы приводится в конце статьи: сначала в соответствии с русским алфавитом, затем – с английским, по тексту статьи даются ссылки в квадратных скобках [Иванов, 1985]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилии и инициалы авторов, полное название монографии, место издания, издательство, год издания, страницы; для периодических изданий – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номера страниц. Для списка References (рекомендуем пользоваться ресурсом <http://www.translit.ru>) для русскоязычных позиций сделать транслитерацию ФИО авторов и названия работы; в квадратных скобках дать перевод названия на английский язык, транслитерацию выходных данных, в скобках (in Russian). Ссылки на иностранных языках остаются в оригинальном варианте. Пример оформления первой страницы и списка литературы см. на сайте журнала.

Таблицы печатаются на отдельной странице каждая, кегль 14, через 1,5 интервала. Нумеруются по порядку упоминания их в тексте арабскими цифрами. После номера должно следовать название таблицы. Все графы в таблицах должны иметь заголовки и быть разделены вертикальными линиями.

Все рисунки необходимо присылать в формате JPEG, отдельным файлом. На иллюстрациях следует избегать лишних деталей и надписей (надписи рекомендуется заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисовочных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 рix). Ширина рисунков не должна превышать 180 мм, высота – 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке Times New Roman (9–10-й кегль). В рисунках рекомендуется применять разные типы штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение). Фото контрастными.

Возможна публикация цветных рисунков в online версии журнала. При этом они должны хорошо читаться и при черно-белой печати в «бумажной» версии.

Подрисовочные подписи представляются на отдельной странице, кегль 14, через 1,5 интервала.

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 <http://geogrmsu.elpub.ru/jour/index> Электронная почта: [vestnik\\_geography@mail.ru](mailto:vestnik_geography@mail.ru)

*Плата за публикацию не взимается.*