

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология

- Кислов А.В., Торопов П.А., Платонов В.С., Ольчев А.В., Варенцов М.И. Региональное моделирование климата для географического анализа 3
- Тикунов В.С., Медведева О.Е., Черешня О.Ю. Кадастровая оценка недвижимости в России на основе методологии оценочного зонирования 13

География и экология

- Бондарев В.П., Болховитинова Ю.А. Социальные последствия катастрофических наводнений 21
- Шокурова И.Г., Медведев Е.В., Кондратьев С.И. Аппроксимация вертикального распределения содержания сероводорода в Черном море 30

Методы географических исследований

- Безухов Д.А., Энтин А.Л. Вероятностный подход к прогнозированию формирования промоинной сети в пределах распахиваемых междуречий 39
- Крыстев В.К. Туристское районирование: дискурс о методе 50

Региональные исследования

- Слука Н.С., Ткаченко Т.Х. Китай на пороге третьего глобального интеграционного цикла 60
- Русанов А.В. Динамика дачного расселения Подмосковья 67
- Авессаломова И.А., Иванов А.Н. Биогеохимические особенности ландшафтов острова Матуа (Центральные Курилы) 77
- Бердникова А.А., Долгова Е.А., Курбанов Р.Н. Дендроклиматические исследования сосны кулундинской Казахского мелкосопочника 86
- Замятина Н.Ю., Елманова Д.С., Потураева А.В., Акимова В.В., Алов И.Н., Киселев И.В., Ловягин К.Д., Мацур В.А., Нененко А.В., Петрова А.Н., Плеханов И.В., Ряпухина В.Н., Хусаинова А.С. Особенности миграционной ситуации в Белгородской области: факторы повышенной привлекательности территории для мигрантов из северных регионов России 97
- Бобровский М.В., Лойко С.В. Возраст и особенности генезиса темногумусовых почв «Калужских Засек» 108

C O N T E N T S

Theory and methodology

Kislov A.V., Toropov P.A., Platonov V.S., Oltchev A.V., Varentsov M.I. Regional climate modeling for geographical analysis	3
Tikunov V.S., Medvedeva O.E., Chereshnia O.Yu. Cadastral assessment of real estate in Russia using the evaluation zoning methodology	13

Gography and ecology

Bondarev V.P., Bolkhovitinova Yu.A. Social consequences of catastrophic floods	21
Shokurova I.G., Medvedev E.V., Kondratev S.I. Approximation of hydrogen sulfide vertical distribution in the Black Sea	30

Methods of geographical studies

Bezukhov D.A., Entin A.L. Probabilistic approach to forecasting the formation of ephemeral gully network within arable interfluves	39
Krystev V.K. Touristic zoning: discourse on the method	50

Regional studies

Sluka N.A., Tkachenko T.Kh. China on the edge of the third global integration cycle	60
Rusanov A.V. Dynamics of the second-home settlements in the Moscow region	67
Avessalomova I.A., Ivanov A.N. Biogeochemistry of landscapes of the Matua Island (Central Kuril islands)	77
Berdnikova A.A., Dolgova E.A., Kurbanov R.N. Dendroclimatology of <i>Pinus sylvestris</i> ssp. <i>kulundensis</i> from the Kazakh Uplands	86
Zamyatina N.Yu., Elmanova D.S., Poturaeva A.V., Akimova V.V., Alov I.N., Kiselev I.V., Lovyagin K.D., Mazur V.A., Nenenko A.V., Petrova A.N., Plekhanov I.V., Ryapuhina V.N., Khusainova A.S. Specific features of migration situation in Belgorod region: factors of increased attractiveness for migrants from the northern regions of Russia	97
Bobrovsky M.V., Loiko S.V. Features of the genesis and the age of dark-humus soils (Haplic Phaeozems) in the Kaluzhskie Zaseki Nature Reserve	108

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК 551.58

А.В. Кислов¹, П.А. Торопов², В.С. Платонов³, А.В. Ольчев⁴, М.И. Варенцов⁵

РЕГИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИМАТА ДЛЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Современное состояние и развитие климатического моделирования достигло такого уровня, что может рассматриваться как определенная альтернатива традиционным источникам информации об окружающей среде, экосистемах, их динамике и др. Стремительное развитие метеорологии и климатологии, вычислительных технологий и представлений о физических процессах в почве и растительности позволили включить в современные климатические модели детальное описание механизмов обмена теплом, влагой, парниковыми газами, а также взаимодействия между приземным слоем воздуха, подстилающей поверхностью, почвой и растительными сообществами.

Предметом настоящей статьи является вопрос о получении высокодетализированных данных о метеорологических переменных, о теплообмене и влагообмене поверхности с атмосферой. В данной статье рассматриваются методологические основы климатического моделирования и приводятся примеры конкретного применения результатов расчетов для решения широкого спектра эколого-географических задач.

Ключевые слова: даунскейлинг, мезомасштабные процессы, пространственно-временная детализация, гидрометеорологический архив, климат, моделирование

Введение. Решение большинства проблем географии методологически связано с изучением пространственно-временных закономерностей определенных показателей на некоторой территории. В настоящее время обычным средством анализа становится использование сеточных данных, то есть информации на регулярной сетке, покрывающей изучаемую область с определенными шагами в пространстве и, если решаются эволюционные задачи, то и во времени. При этом, разумеется, эти шаги должны быть такими, чтобы изучаемое явление могло быть надежно аппроксимировано с нужной степенью детальности. Примерами сеточной информации служат цифровые модели рельефа, распределение по пикселям генерализированных характеристик растительного покрова, гидрологических показателей, индексов вечной мерзлоты, характеристик городской среды и т. д. Во многих случаях решение конкретных задач требует сведений и о климатических переменных, причем эта информация также должна быть привязана к тем же пикселям [Эколого-географические ..., 2011; Климат Москвы ..., 2017; и др.]. Цель данной работы – дать введение в методологию получения сеточной информации для решения различных проблем географии, иллюстрируя общий подход конкретными примерами.

Известными источниками климатической информации служат данные стандартных метеорологических наблюдений. Однако пространственное разрешение сети станций весьма грубое, поскольку станции изначально были ориентированы на воспроизведение синоптических (крупномасштабных) характеристик атмосферы. Интерполяция метеорологических величин, пространственное распределение которых относительно гладкое (давление, температура воздуха), дает более или менее надежные результаты даже при разреженной сети наблюдений. Но для осадков, испарения, температуры поверхности, скорости ветра, влагосодержания почвы, компонентов теплового баланса такого рода интерполяция приводит к серьезным погрешностям. Спутниковые системы позволяют, казалось бы, восстановить метеорологическую информацию в регионах, плохо обеспеченных наземными данными (прежде всего, температуру поверхности и приземного воздуха (по данным http://planet.iitp.ru/Oper_pr/LST_Meteosat_9.htm), осадки (по данным <https://precip.gsfc.nasa.gov/>), в некоторых случаях влажность почвы [Bartalis et al., 2008] и др.). Однако точность дистанционных измерений в любом случае ниже, чем стандартных метеорологических наблюдений, причем для некоторых величин (например,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, заведующий кафедрой, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* avkisllov@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* tormet@inbox.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* vplatonov86@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, вед. науч. с., докт. биол. н.; *e-mail:* aoltche@gmail.com

⁵ Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ им. М.В. Ломоносова, мл. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* mvar91@gmail.com

для влажности почвы) погрешность может достигать 100–150%.

Более надежные результаты получаются, если использовать не отдельные источники информации, а их синтез. Методика получения таких продуктов основана на том, что измеренные характеристики (полученные всеми средствами мониторинга, для всего земного шара, в разные моменты времени, как у поверхности, так и в атмосфере) поступают в гидродинамическую модель планетарной циркуляции. Эта глобальная модель интегрируется на несколько часов, и в результате происходящих внутри нее процессов тепло- и влагообмена и динамического сглаживания осуществляется пространственное и временное согласование всех характеристик. Поскольку модель реализована на некоторой сетке пространственных координат и времени, модельная метеорологическая информация представляет собой искомое сеточное поле, покрывающее даже те регионы, в которых исходные данные наблюдений отсутствовали. Так работают системы усвоения данных, создающие поле первого приближения для текущего прогнозирования погоды.

На этом принципе основаны и так называемые реанализы, обеспечивающие многолетние сеточные архивы данных (NCEP/NCAR [Kalnay et al., 1996], ERA5 (<https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5+data+documentation>), ERA-Interim [Dee et al., 2011], MERRA [Rienecker et al., 2011]; и др.). Их отличия от полей первого приближения заключаются в том, что для реанализа применяется атмосферная модель с заданной конкретной конфигурацией для всего временного диапазона, в то время как поле первого приближения строится на основе все время совершенствующихся расчетных схем и поэтому временные серии не получаются однородными. Шаг сетки по горизонтали в разных базах данных составляет 30–200 км, что определяется конечномерной аппроксимацией использованных глобальных моделей, обеспечивающих процедуру усвоения измерений.

Однако для многих задач географии предлагаемая дискретность не всегда достаточна. В самом деле, описание региональных (местных) условий горных склонов разной экспозиции, особенностей гидрографии, пятнистости ландшафтов, особенностей побережий и др. требует совершенно иного шага сетки. Поэтому необходима детализация информации. Это требование должно быть технологически разумно: в настоящее время из-за ограниченности возможностей мониторинга и компьютерных ресурсов можно требовать размера ячеек сетки порядка сотен метров – первых километров.

Методы, направленные на наращивание детализации, часто объединяют термином «даунскейлинг» (англ. «downscaling» [Wilby, Wigley, 1997]). Существует статистический вариант, когда информация грубого пространственного разрешения интерполируется на мелкую сетку за счет заранее приготовленных уравнений регрессии. Физически логичнее, но неизмеримо сложнее метод динами-

ческого даунскейлинга, при котором данные грубого разрешения (данные глобального реанализа или прогностических моделей) используются как граничные и начальные условия для гидродинамической модели атмосферы, реализованной на мелкой сетке. Подобные модели называют *региональными*. В последние ~25 лет данный метод активно применялся для разных задач. Сперва использовались упрощенные модели [Кислов, Суркова, 1995], затем, с развитием вычислительных возможностей, стали применяться гидродинамические модели, реализованные для отдельных регионов [Калинин с соавт., 2010]. Последний подход продолжает активно развиваться, и именно его применению посвящена данная статья. Следует подчеркнуть, что реализация модели на мелкой сетке – не простое формальное увеличение разрешения. Физические процессы по-разному проявляются в зависимости от пространственных масштабов. Наиболее яркий пример такой зависимости связан с явлением гидростатики: при пространственных масштабах, превышающих ~10 км, атмосферные движения можно считать гидростатическими, но при шагах сетки порядка нескольких километров движения уже существенно негидростатичны. Существуют и другие отличия.

Современные модели включают не только атмосферу, но также блоки, описывающие растительный покров, гидросферу и почву, что позволяет детально описать обмен теплом, влагой, парниковыми газами между приземным слоем воздуха, подстилающей поверхностью, почвой и растительностью. По сути, эти модели являются синтетическим инструментом, на консолидирующей базе которого могут быть объединены географические и экологические науки, ставящие своей целью описание и прогноз состояния природной среды в ее четырехмерном воплощении.

В данной статье дается представление о методологии моделирования в рамках мезомасштабных моделей COSMO-CLM и WRF-ARW, а также приводятся примеры конкретного применения результатов расчетов для решения широкого спектра эколого-географических задач. Это сделано в том числе для того, чтобы была возможность оценить необходимые технологические требования для выполнения такого рода работ.

Материалы и методы: описание структуры моделей и технологии моделирования. Циркуляция атмосферы Земли имеет ряд специфических особенностей, составляющих суть геофизической гидродинамики. Имея в виду глубокую зависимость физических механизмов от пространственно-временных масштабов, атмосферные процессы принято делить на классы (хотя необходимо понимать, что четкой границы между типами атмосферных движений в природе не существует). При рассмотрении так называемых *мезомасштабных* процессов, которые являются предметом обсуждения данной статьи, выделяются:

1) мезо-альфа процессы с горизонтальными размерами от 200 до 2000 км (фронты, полярные

мезоциклоны и тропические циклоны) и продолжительностью жизни от одной недели до суток;

2) мезо-бета процессы с размерами от 20 до 200 км (горные ветры и волны, кластеры кучево-дождевых облаков, бризы океанских побережий, низкоуровневые струйные течения) и продолжительностью жизни от одних суток до одного часа;

3) мезо-гамма процессы с размерами от 2 до 20 км (городская циркуляция, гравитационные волны, отдельные кучево-дождевые облака, зоны турбулентности ясного неба) и продолжительностью жизни порядка часа.

Модели атмосферы, которые описывают мезопроцессы и, одновременно, процессы большего масштаба, принято называть *мезомасштабными*. Необходимым условием мезомасштабности модели является следующее: шаг сетки для аппроксимации уравнений гидродинамики не должен превышать примерно $1/8$ нижней границы указанных выше интервалов, то есть *разрешающая способность* должна быть примерно в 8 раз больше шага сетки [Warner, 2011; Wedi, 2014]. Таким образом, для воспроизведения, например, мезо-бета процессов шаг сетки должен быть менее, чем $(20 \text{ км})/8 = 2,5 \text{ км}$.

В настоящее время в мире используется несколько региональных мезомасштабных моделей атмосферы, главное предназначение которых – прогноз погоды и моделирование климата. Наиболее известными являются модели международных консорциумов COSMO (<http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm>), ALADIN-HIRLAM (<http://www.umr-cnrm.fr/aladin/spip.php?article8>), модель UM метеослужбы Великобритании (<https://beta.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model>) и американская модель WRF (<https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>). Свойства всех моделей и качество получаемых результатов достаточно близки. Рассмотрим подробнее две модели, поскольку именно они использованы в тех исследованиях, результаты которых демонстрируются далее.

Деятельность консорциума COSMO (Consortium for Small-scale Modeling) направлена прежде всего на совершенствование прогнозирования погоды в странах-участницах (в том числе России). В России модель COSMO-RU внедрена в оперативную практику в качестве базовой системы прогнозирования [Ривин с соавт., 2015], а также используется для моделирования климата. В последнем случае конфигурацию модели принято обозначать COSMO-CLM (CLM = Climate Limited-area Model community).

Модель WRF-ARW (Weather Research and Forecast – Advanced Research) разработана прежде всего для научных исследований. Для применения в оперативной практике прогнозирования погоды в США подготовлена иная версия – WRF-NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model), в которую добавлены специальные параметризации, учитывающие специфику атмосферных процессов на территории США, заменена сетка узлов конечно-разностного анализа и перестроено динамическое ядро модели.

Климатические расчеты с региональными мезомасштабными моделями построены по схеме динамической детализации (даунскейлинга) данных реанализа. Они поступают в качестве начальных и граничных условий в программу, интерполирующую их на сетку выбранного домена (области моделирования) с заданным горизонтальным разрешением в готовом для старта модели виде. В процессе счета происходит регулярное изменение (четыре раза в сутки) боковых граничных условий, и за счет этой подпитки метеорологические поля внутри домена остаются близкими к реально наблюдавшимся. Дополнительно, для обеспечения более надежной привязки внутреннего модельного режима к реальной атмосферной динамике, использовалась технология корректировки динамики внутри самой расчетной области (так называемый «спектральный наджинг») («spectral nudging»).

Для моделирования атмосферы необходимы параметры, определяющие условия природной среды у подстилающей поверхности, в том числе и их сезонный ход. К ним относятся: рельеф, степень шероховатости, листовой индекс, тип почвы, доля и тип растительности, глубина залегания корней и др. Эти параметры задаются для каждой ячейки сетки. Информация берется из глобальных баз данных – например, Ecolimap [Champeaux et al., 2005] или Globcover [Defourny et al., 2006]. Также необходим состав оптически активных веществ (газовых примесей и аэрозолей) [Huneeus et al., 2011; Inness et al., 2013].

Результаты: примеры решения задач, основанные на региональном моделировании климата. Создание регионального архива детализированной метеорологической информации. Как было отмечено, информация, представленная глобальными реанализами, имеет для многих задач недостаточное пространственное разрешение. Для создания детализированного архива данных использована модель COSMO-CLM, путем численного интегрирования которой на протяжении 30 лет был осуществлен даунскейлинг данных реанализа ERA Interim (этот архив обеспечивает информацией с шагом 6 часов по времени и $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ широты и долготы – по пространству). В качестве географической области выбран Дальний Восток и прилегающие морские акватории, поскольку для этого региона мы получили заказ на создание архива [Кислов с соавт., 2017], ориентированного на возможность анализа структуры и генезиса опасных метеорологических явлений. В результате была получена гидрометеорологическая информация для вложенных друг в друга доменов с шагами сетки 13,2 и 6,6 км за период 1985–2014 гг., и, для отдельных случаев, для домена с шагом 2,2 км, причем каждое поле (13,2 и 6,6 км) представляло собой стартовый архив для моделирования следующей области более высокого разрешения. Вычислительная задача подобного масштаба решалась в России впервые, да и в мировой практике подобный опыт также весьма ограничен [Bromwich et al., 2016, 2018; Mesinger et al., 2006].

Описанная технология расчетов была реализована в Главном вычислительном центре Росгидромета на вычислительной системе Российской суперкомпьютерной компании «Торнадо». Расчеты 30-летнего периода в домене с шагом сетки 13,2 км на кластере с пиковой производительностью 35 Тфлопс при использовании 288 ядер заняли примерно 600 часов процессорного времени, а в домене с шагом сетки 6,6 км – 1800 часов. Таким образом, всего только для этих основных расчетов было использовано ~2400 часов процессорного времени, что эквивалентно 100 дням непрерывной работы вычислительной системы.

Для демонстрации качества полученных результатов рассмотрим возможность модельного воспроизведения экстремальных значений скорости ветра. На метеорологических станциях восточного побережья о. Сахалин (Мыс Терпения, Ноглики) 14 февраля 1996 г. скорости ветра превышали 30 м/с. В этот день над Охотским морем располагался мощный полярно-фронтальный циклон (рис. 1, А), однако по данным реанализа максимальные скорости ветра составляли только 25 м/с. Применение метода динамического даунскейлинга привело к увеличению неоднородности распределения скорости ветра, причем экстремальные значения существенно возросли, достигнув 35 м/с (рис. 1, Б).

Анализ воспроизведения 15-ти экстремальных ситуаций в Охотском море показал, что в подавляющем большинстве случаев детализация модели до 2,2 км приводит к заметному (а иногда существенному) уменьшению ошибок воспроизведения средней скорости ветра и порывов. Значения среднего квадратического отклонения сокращаются на 10–30%, составляя практически во всех случаях менее 2 м/с для средних скоростей ветра и менее 3 м/с для порывов.

Влияние процессов обезлесения и облесения на региональные метеорологические условия.

Для решения данной задачи была выполнена серия численных экспериментов с мезомасштабной атмосферной моделью COSMO-CLM. Для модельного исследования выбрана территория, включающая центральную часть Восточно-Европейской равнины. В пределах «модельного региона», ограниченного координатами 55° и 59° с.ш., 28° и 37° в.д., проводилась имитация изменения степени облесенности территории. «Модельный регион» включал подзону темнохвойных лесов южной тайги на севере, смешанных лесов в центральной части и широколиственных лесов на крайнем юге.

В ходе исследования было проведено три вычислительных эксперимента. Первый эксперимент имитировал полное сведение лесов (обезлесение) на исследуемой территории и их замещение травянистой растительностью. Второй эксперимент был сценарием, наоборот, полного облесения за счет увеличения доли мелколиственных пород деревьев (береза, осина). В третьем, контрольном, эксперименте расчеты проводились для современной структуры землепользования и лесистости [Кузьмина с соавт., 2017; Ольчев с соавт., 2017].

Все численные эксперименты выполнялись для теплого периода 2010 г. с шагом сетки 13 и 6 км. В качестве начальных данных и граничных условий использовался реанализ ERA Interim (см. выше). Моделирование производилось в непрерывном цикле, с «подпиткой» данными на боковых границах области интегрирования.

Результаты компьютерных экспериментов показали, что изменение лесистости в природно-климатических условиях Восточно-Европейской равнины может привести к некоторым изменениям погод-

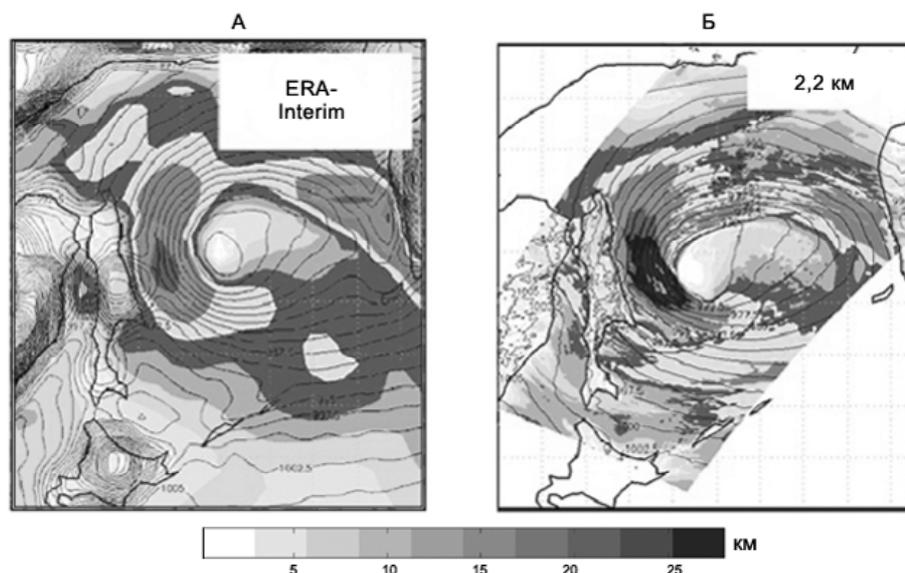


Рис. 1. Поля давления (черные линии, гПа) и скорости ветра (градации серого, м/с), 14 февраля 1996 г., 23 часа ВСВ по данным глобального реанализа ERA-Interim (А) и модели COSMO-CLM (Б) с разными шагами сетки по пространству

Fig. 1. Sea level pressure (black lines, hPa) and wind speed (colors, m/s), on 14.02.1996, 23 h UTC by ERA-Interim reanalysis (A, left) and COSMO-CLM model (B, right) with various spatial horizontal resolution

ных условий в теплую половину года. Обезлесение ведет к росту приземной температуры воздуха, а облесение, наоборот, к ее уменьшению. Максимальные различия для июля составили $+0,6^{\circ}\text{C}$ для сценария с обезлесением, и $-0,1^{\circ}\text{C}$ с облесением. Процессы обезлесения в теплый период года приводят также к росту средних и максимальных скоростей ветра в приземном слое, уменьшению количества нижней облачности и относительной влажности. Процессы облесения привели к обратным эффектам. Влияние на выпадение осадков проявляется в увеличении их общего количества при облесении территории (на 5%) и в снижении при сценарии с обезлесением (до -9%). Различия сравнительно небольшие, однако более важно то, что при сценарии, имитирующем обезлесение, прогнозируется увеличение продолжительности периодов с аномально жаркой погодой [Ольчев с соавт., 2017].

Трехмерная структура острова тепла Московской агломерации. Наглядным примером применения мезомасштабного моделирования в географических исследованиях является изучение трехмерной структуры острова тепла (ОТ) Московской агломерации. ОТ является хорошо известной климатической особенностью урбанизированных территорий [Ландсберг, 1983; Lokoshchenko, 2017; Климат Москвы ..., 2017]. Его интенсивность (разность температуры между городом и окружающими его «фоновыми» ландшафтами) для крупных городов составляет в среднем 2°C , а в ясные и безветренные ночи она может достигать 10°C и более.

Мезомасштабное моделирование открывает возможности для исследования особенностей городского метеорологического режима на принципиально новом уровне пространственно-временной детализации. Вычислительные ресурсы современных суперкомпьютеров делают возможными численные эксперименты продолжительностью месяцы и годы с горизонтальным шагом сетки ≈ 1 км, позволяющие явно задавать крупные особенности городского ландшафта (массивы застройки различной высоты и плотности, лесопарки, крупные водные объекты и пр.). Рассматриваемый пример основан на использовании модели COSMO-CLM с параметризацией TERRA_URB [Wouters et al., 2016]. Особенности методики проведения численных экспериментов, а также результаты верификации модели для условий Московской агломерации, подтверждающие ее адекватность, приведены в работе М.И. Варенцова с соавторами [2017].

Ключевое достоинство модели состоит в возможности включения или исключения отдельных ее блоков. Так, проведение численных экспериментов с включенной и выключенной параметризацией городской подстилающей поверхности TERRA_URB и их сопоставление позволяет изучать отклик модели на задаваемые свойства городской среды (которые интерпретируются без синергетических эффектов). В этом случае интенсивность ОТ для любой точки пространства и момента времени может быть определена как

$$\Delta T = T_{urb} - T_{nourb},$$

где T_{urb} и T_{nourb} – температура по данным моделирования с включенной и выключенной параметризацией TERRA_URB соответственно.

Рассмотрим в рамках подобного подхода пространственную структуру городской аномалии температур на примере летнего сезона 2014 г. Чтобы усилить анализируемый сигнал, использована выборка случаев за дни с максимальной суточной интенсивностью приповерхностного ОТ в центре города (на высоте 2 м) более 4°C (78% всех дней).

Результаты моделирования свидетельствуют о ярко выраженной суточной изменчивости вертикальной структуры и протяженности термической аномалии. Днем (15 ч по московскому времени) она диагностируется до высот 1–1,5 км, однако ее интенсивность мала и не превышает у земли $0,5^{\circ}\text{C}$. Вечером, на фоне сохранения схожей вертикальной протяженности, ОТ усиливается у земли вплоть до высоты 400 м над поверхностью (рис. 2, А). Ночью (3 ч, рис. 2, Б) ОТ максимально интенсифицируется у поверхности и прижимается к земле (вертикальная протяженность порядка 150 м), при этом на высотах 200–500 м возникает отрицательная аномалия, известная в литературе как «кросс-овер эффект» [Bornstein, 1968] или «линза холода» [Кузнецова, Нахаев, 2010].

Полученные модельные оценки вертикальной протяженности ОТ и приподнятого слоя холода на качественном уровне согласуются с опубликованными оценками по данным контактных измерений [Локощенко с соавт., 2016], дистанционных измерений микроволновых температурных профиломеров МТП-5 [Кадыгров с соавт., 2002; Кузнецова, Нахаев, 2010] и дистанционного спутникового зондирования [Горлач с соавт., 2017; Кислов с соавт., 2017].

Другая отличительная особенность трехмерной структуры ночного ОТ – его «расползание» за пределы города. Это связано с влиянием атмосферного переноса, формирующего над городом приподнятые тепловые шлейфы, вытянутые по ветру (рис. 2, В, Г). Их существование понятно из общих представлений о динамике атмосферного пограничного слоя над неоднородной поверхностью, однако ранее подтверждалось только разовыми экспериментальными исследованиями при самолетном или вертолетном зондировании.

Пространственно-временная детализация поля осадков на южном побережье Каспийского моря при холодных вторжениях. Для анализа тонкой структуры метеорологических полей и расчета экстремальных осадков в северных провинциях Ирана в районе Каспийского побережья была использована модель WRF-ARW с шагом сетки по горизонтали 2 км. Рассмотрим синоптическую ситуацию 4–7 февраля 2016 г. По восточной периферии небольшого холодного антициклона, центр которого располагался над Прикаспийской низменностью, осуществлялось движение к югу относительно холодного воздуха. Анализ обратных траекторий

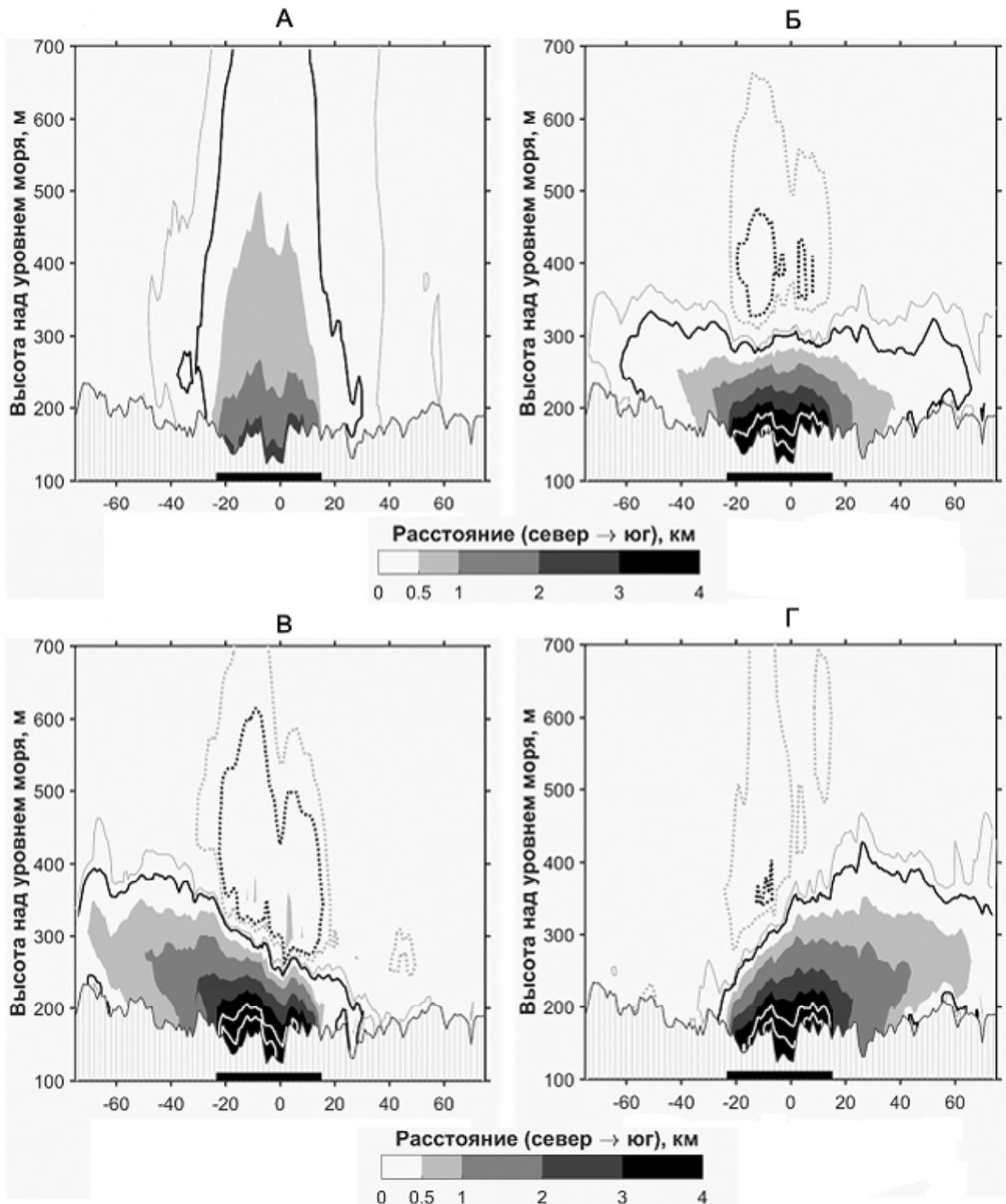


Рис. 2. Вертикальный разрез с севера на юг через центр Москвы городской аномалии температуры ($^{\circ}\text{C}$), рассчитанной в среднем за вечерние (А) и ночные (Б) сроки, а также за те ночные сроки, когда наблюдались ветры южной (В) и северной (Г) четвертей. Использовано осреднение за дни с интенсивным ОТ летом 2014 г. Модули аномалии показаны оттенками серого. Сплошные и пунктирные черные изолинии соответствуют значениям $0,2$ и $-0,2^{\circ}\text{C}$ соответственно. Серые сплошные и пунктирные линии – значениям $0,1$ и $-0,1$. Значения в 4°C и более показаны белыми изолиниями с шагом в 1°C . Серой вертикальной штриховкой дан городской рельеф. Ноль горизонтальной оси координат соответствует положению метеостанции Балчуг. Черный отрезок на этой оси обозначает пересечение разрезом города (где доля урбанизированной территории более 25%)

Fig. 2. Vertical north-south cross-section through the center of Moscow of the urban temperature anomaly ($^{\circ}\text{C}$), averaged on evening (А) and nocturnal (Б) times and nocturnal times with southern (В) and northern (Г) quarter winds for the days with intense heat island during summer 2014. Modules of anomalies are shown as grey shades. Solid and dashed black lines correspond to $0,2$ and $-0,2^{\circ}\text{C}$ values, respectively. 4°C and higher values are shown as white lines with 1°C step. Grey vertical hatching reflect the urban relief. The zero of horizontal axis corresponds to the Balchug meteorological station site. The black segment on the axis indicates the urban part of the cross-section (with urbanized area exceeding 25%)

показал, что 4–5 февраля эта воздушная масса сформировалась над акваторией Средиземного моря, но, перемещаясь над южными районами Европейской России, она несколько охладилась, сохранив при этом достаточно высокую влажность (в среднем 4–5 г/кг). 6 февраля холодный атмосферный фронт, активизировавшись над теплым Каспийским морем (температура поверхности около 8°C), подошел к его южному побережью. В результате в северных провинциях Ирана прошли интенсивные дожди. На некоторых горных станциях зафиксированы осадки, превышающие 80 мм за сутки, а в среднем по побережью и предгорным районам выпало около 20 мм осадков. Такая же оценка (~20 мм осадков) получена по данным реанализа ERA-Interim.

На рис. 3 представлены результаты численного моделирования рассматриваемого случая. Они интересны прежде всего тем, что показали сложную пространственную структуру осадков. Над морской поверхностью сформировались соответствующие реальности ярко выраженные конвективные ячейки. Они выстроились в линейные структуры, напоминающие линии шквалов. Суточные суммы осадков в них достигали 30–40 мм. В то же время модель не воспроизвела осадки, превышающие 80 мм за сутки. Это следует интерпретировать прежде всего с позиций недостаточности горизонтального разрешения, не позволившего правильно описать воздействие рельефа на осадкообразующие процессы. В целом же гораздо более правильное воспроизведение осадков открывает возможность использования этих данных для прогнозирования паводковых и селевых процессов, что совершенно невозможно осуществить как по данным редкой сети метеостанций, так и на основе реанализа без использования процедуры детализации информации.

Заключение. В работе продемонстрирована методика получения детальных климатических характеристик, необходимых для комплексных географических исследований.

Это может обеспечить улучшение описания и прогнозирования состояний ландшафта при различных воздействиях, в том числе при изменениях климата. Также возможно детализированное воспроизведение состояния многолетнемерзлых пород, отличающееся большой пятнистостью в зависимости от особенностей рельефа, состояния грунта и растительного покрова. Детализация осадков открывает возможность прогнозирования дождевых паводков, что особенно актуально для коротких горных рек с небольшой площадью водосбора. На этой же основе возможно совершенствование методик расчетов интенсивности русловых процессов, овражной эрозии, лавин и селей, моделирования динамики береговой зоны морей в реальности ее пространственно-сложной структуры и т. д., то есть обеспечение

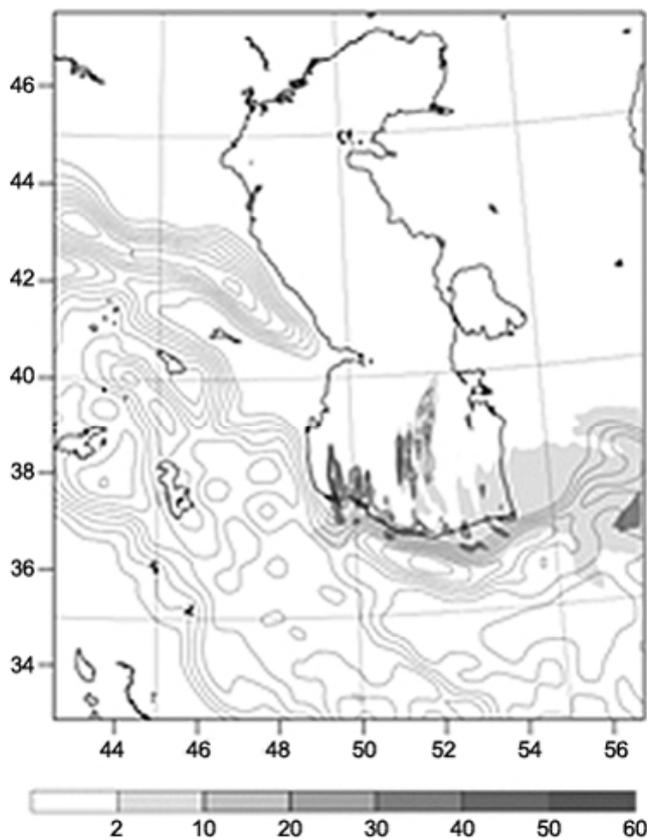


Рис. 3. Случай экстремальных осадков над Каспийским морем и прилегающими территориями 6 февраля 2016 г.: результаты численного моделирования суточной суммы осадков (мм) с помощью модели WRF-ARW

Fig. 3. Extreme precipitation event over the Caspian Sea and adjacent territories on 6.02.2016: numerical modeling results for diurnal precipitation sum (mm) using the WRF-ARW model

прогресса в тех задачах, в которых требуется учет детального описания взаимодействия поверхности с атмосферой. Для практического осуществления необходимо развить специализированные так называемые предметно-ориентированные модели геосистем. В них рассмотренный атмосферный блок (выходные данные которого перестраиваются с учетом требований к набору климатических параметров) войдет или как составной модуль (если по сути задачи требуется учет обратных связей при взаимодействии атмосферы с поверхностью), или в форме заданного «внешнего воздействия», то есть на основе заранее вычисленных характеристик.

Приведенные примеры демонстрируют широкие возможности использования атмосферного моделирования высокого разрешения специалистами разных эколого-географических специальностей, что должно вывести на новый уровень комплексные исследования географической оболочки.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственной темы АААА-А16-116032810086-4 и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-60147).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Варенцов М.И., Самсонов Т.Е., Кислов А.В., Константинов П.И. Воспроизведение острова тепла Московской агломерации в рамках региональной климатической модели COSMO-CLM // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2017. № 6. С. 25–37.
- Горлач И.А., Кислов А.В., Алексеева Л.И. Опыт исследования вертикальной структуры городского острова тепла на основе спутниковых данных // Исследования Земли из космоса. 2017. № 4. С. 36–46.
- Кадыров Е.Н., Кузнецова И.Н., Голицын Г.С. Остров тепла в пограничном слое атмосферы над большим городом: новые результаты на основе дистанционных данных // Докл. АН. 2002. Т. 385. № 4. С. 541–548.
- Калинин Н.А., Кислов А.В., Бабина Е.Д., Ветров А.Л. Оценка качества воспроизведения моделью MM5 температуры воздуха в июле на Урале // Метеорология и гидрология. 2010. № 10. С. 15–22.
- Кислов А.В., Варенцов М.И., Горлач И.А., Алексеева Л.И. «Остров тепла» Московской агломерации и урбанистическое усиление глобального потепления // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2017. № 4. С. 12–19.
- Кислов А.В., Суркова Г.В. О модели регионального климата // Метеорология и гидрология. 1995. № 5. С. 23–31.
- Кислов А.В., Ривин Г.С., Платонов В.С. и др. Мезомасштабное моделирование экстремальных ветров над Охотским морем и островом Сахалин // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2018. Т. 54. № 4. С. 381–385.
- Климат Москвы в условиях глобального потепления / Под редакцией А.В. Кислова. М.: Изд. Моск. ун-та, 2017. 288 с.
- Кузнецова И.Н., Нахаев М.И. Сезонные особенности термической структуры нижних слоев атмосферы в Московском мегаполисе по данным микроволновых измерений температуры // 80 лет Гидрометцентру России. М.: ТРИАДА ЛТД, 2010. С. 389–400.
- Кузьмина Е.В., Ольчев А.В., Розинкина И.А. и др. Применение мезомасштабной модели COSMO-CLM для оценки влияния изменения лесистости европейской части России на региональные метеорологические условия // Метеорология и гидрология. 2017. № 9. С. 48–58.
- Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 246 с.
- Локощенко М.А., Корнева И.А., Кочин А.В. и др. О высотной протяженности городского «острова тепла» над Москвой // Докл. АН. 2016. Т. 466. № 2. С. 213–217.
- Ольчев А.В., Розинкина И.А., Кузьмина Е.В. и др. Оценка влияния изменения лесистости центрального региона Восточно-Европейской равнины на летние погодные условия // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017. Т. 4. С. 79–101.
- Ривин Г.С., Розинкина И.А., Вильфанд Р.М. и др. Система COSMO-Ru негидростатического мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды Гидрометцентра России: второй этап реализации и развития // Метеорология и гидрология. 2015. № 6. С. 58–70.
- Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири / Под ред. Н.С. Касимова, А.В. Кислова. М.: Макспресс, 2011. 496 с.
- Bartalis Z., Naeimi V., Hasenauer S., Wagner W. ASCAT Soil Moisture Product Handbook // ASCAT Soil Moisture Report Series. 2008. № 15. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology, Austria.
- Bornstein R.D. Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City // J. Appl. Meteorol. 1968. Т. 7. № 4. P. 575–582.
- Bromwich D., Wilson A., Bai L. et al. The Arctic System Reanalysis Version 2 // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2018. doi:10.1175/BAMS-D-16-0215.1.
- Bromwich D.H., Wilson A.B., Bai L.-S. et al. A comparison of the regional Arctic System Reanalysis and the global ERA-Interim Reanalysis for the Arctic // Quarterly Journal of Royal Meteorological Society. 2016. V. 142. P. 644–658.
- Champeaux J. L., Masson V., Chauvin F. ECOCLIMAP: a global database of land surface parameters at 1 km resolution // Meteorological Applications. 2005. V. 12. № 1. P. 29–32.
- Dee D.P., Uppala S., Simmons A. et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2011. V. 553. P. 553–597.
- Defourny P., Vancutsem C., Bicheron P. et al. Globcover: a 300 m global land cover product for 2005 using ENVISAT MERIS time series // Proceedings of the ISPRS Commission VII mid-term Symposium: Remote Sensing: from pixels to processes. 2006.
- Huneeus N., Schulz M., Balkanski Y. et al. Global dust model intercomparison in AeroCom phase I // Atmospheric Chemistry and Physics. 2011. Т. 11. № 15. P. 7781.
- Inness A., Baier F., Benedetti A. et al. The MACC reanalysis: an 8 yr data set of atmospheric composition // Atmospheric chemistry and physics. 2013. V. 13. P. 4073–4109.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // Bulletin of the American Meteorological Society. 1996. V. 77. № 3. P. 437–471.
- Lokoshchenko M.A. Urban Heat Island and Urban Dry Island in Moscow and Their Centennial Changes // J. Appl. Meteorol. Climatol. 2017. Т. 56. № 10. P. 2729–2745.
- Mesinger F., DiMego G., Kalnay E. et al. North American Regional Reanalysis // Bulletin of American Meteorological Society. 2006. V. 3. P. 343–360.
- Rienecker M.M., Suarez M.J., Gelaro R. et al. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications // Journal of Climate. 2011. V. 24. № 14. P. 3624–3648.
- Warner T. Numerical weather and climate prediction. Cambridge University Press, 2011. 526 p.
- Wedi N. Increasing horizontal resolution in numerical weather prediction and climate simulations: illusion or panacea? // Phil. Trans. Roy. Soc. A. 2014. V. 372.
- Wilby R.L., Wigley T.M.L. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations // Progress in Physical Geography. 1997. V. 21. P. 530–548.
- Wouters H., Demuzere M., Blahak U. et al. Efficient urban canopy parametrization for atmospheric modelling: description and application with the COSMO-CLM model for a Belgian Summer // Geosci. Model Dev. 2016. V. 9. P. 3027–3054.

Поступила в редакцию 26.12.2017

После доработки 15.03.2019

Принята к публикации 24.05.2019

A.V. Kislov¹, P.A. Toropov², V.S. Platonov³,
A.V. Oltchev⁴, M.I. Varentsov⁵

REGIONAL CLIMATE MODELING
FOR GEOGRAPHICAL ANALYSIS

The actual state and the progress of climate modelling allow considering this technique as full alternative to traditional data sources about environment, ecosystems, their dynamics, etc. The rash development of meteorology and climatology, computational technologies and understanding of physical processes in soil and vegetation cover made it possible to include the detailed description of mechanisms of heat, moisture and greenhouse gases exchange, as well as interactions between the atmospheric boundary layer, surface, soil and plant communities into modern climate models.

The article deals with the problem of obtaining highly-detailed data on meteorological parameters, as well as heat and moisture exchange with the atmosphere. We consider the methodological bases of climate modeling, giving the examples of applications of the results for solution of a wide range of eco-geographical tasks.

Key words: downscaling, mesoscale processes, spatio-temporal detalization, hydrometeorological archive, climate, modeling

Acknowledgements. The study was carried out under the state budget theme AAAA-A16-116032810086-4 and financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-60147).

REFERENCES

- Bartalis Z., Naeimi V., Hasenauer S., Wagner W.* ASCAT Soil Moisture Product Handbook // ASCAT Soil Moisture Report Series. 2008. № 15. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology, Austria.
- Bornstein R.D.* Observations of the Urban Heat Island Effect in New York City // *J. Appl. Meteorol.* 1968. T. 7. № 4. P. 575–582.
- Bromwich D., Wilson A., Bai L. et al.* The Arctic System Reanalysis Version 2 // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2018. doi:10.1175/BAMS-D-16-0215.1.
- Bromwich D.H., Wilson A.B., Bai L.-S. et al.* A comparison of the regional Arctic System Reanalysis and the global ERA-Interim Reanalysis for the Arctic // *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society.* 2016. V. 142. P. 644–658.
- Champeaux J.L., Masson V., Chauvin F.* ECOCLIMAP: a global database of land surface parameters at 1 km resolution // *Meteorological Applications.* 2005. V. 12. № 1. P. 29–32.
- Dee D.P., Uppala S., Simmons A. et al.* The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* 2011. V. 553. P. 553–597.
- Defourny P., Vancutsem C., Bicheron P. et al.* Globcover: a 300 m global land cover product for 2005 using ENVISAT MERIS time series // *Proceedings of the ISPRS Commission VII mid-term Symposium: Remote Sensing: from pixels to processes.* 2006.
- Gorlach I.A., Kislov A.V., Alexeeva L.I.* Opyt issledovanija vertikal'noj struktury gorodskogo ostrova tepla na osnove sputnikovyh dannyh [Study of the vertical structure of urban heat island based on the remote sensing data] // *Issledovanija Zemli iz Kosmosa.* 2017. № 4. P. 36–46. (In Russian)
- Huneus N., Schulz M., Balkanski Y. et al.* Global dust model intercomparison in AeroCom phase I // *Atmospheric Chemistry and Physics.* 2011. T. 11. № 15. P. 7781.
- Inness A., Baier F., Benedetti A. et al.* The MACC reanalysis: an 8^{yr} data set of atmospheric composition // *Atmospheric chemistry and physics.* 2013. V. 13. P. 4073–4109.
- Jekologo-geograficheskie posledstvija global'nogo potepnenija klimata HHI veka na Vostochno-Evropskoj ravnine i v Zapadnoj Sibiri [Ecological and geographical consequences of the global climate warming over the East European Plain and Western Siberia] / Ed. by N.S. Kasimov and A.V. Kislov. M.: Makspress, 2011. 496 p. (In Russian)
- Kadygrov E.N., Kuznetsova I.N., Golitsyn G.S.* Ostrov tepla v pograničnom sloe atmosfery nad bol'shim gorodom: novye rezul'taty na osnove distancionnyh dannyh [The heat island in the atmospheric boundary layer over a large city: new results based on remote sensing data] // *Doklady Akademii Nauk.* 2002. V. 385. № 4. P. 541–548. (In Russian)
- Kalinin N.A., Kislov A.V., Babina E.D., Vetrov A.L.* Ocenka kachestva vosproizvedenija model'ju MM5 temperatury vozduha v ijule na Urale [Estimation of the quality of MM5 model reproduction of July air temperature in the Urals] // *Meteorologija i Gidrologija.* 2010. № 10. P. 15–22. (In Russian)
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // *Bulletin of the American Meteorological Society.* 1996. V. 77. № 3. P. 437–471.
- Kislov A.V., Rivin G.S., Platonov V.S. et al.* Mezomasshtabnoye modelirovaniye ekstremal'nykh vetrov nad Okhotskim morem i ostrovom Sakhalin [Mesoscale atmospheric modeling of extreme

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Head of Department, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* avkislov@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail:* tormet@inbox.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* vplatonov86@gmail.com

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Leading Scientific Researcher, D.Sc. in Biology; *e-mail:* aoltche@gmail.com

⁵ Lomonosov Moscow State University, Research Computing Center, Junior Research Scientist, PhD. in Geography; *e-mail:* mvar91@gmail.com

winds over the Sea of Okhotsk and the Sakhalin Island] // *Izvestiya Rossiyskoy Akademii Nauk. Fizika Atmosfery i Okeana*, 2018. T. 54. № 4. P. 381–385. (In Russian)

Kislov A.V., Surkova G.V. O modeli regional'nogo klimata [About the regional climate model] // *Meteorologia I Gidrologia*. 1995. № 5. P. 23–31. (In Russian)

Kislov A.V., Varentsov M.I., Gorlach I.A., Alexeeva L.I. «Ostrov tepla» Moskovskoy aglomeracii i urbanisticheskoe usilenie global'nogo potepneniya [«Heat island» of the Moscow agglomeration and the urban amplification of global warming] // *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, Seriya Geografiya*. 2017. № 4. P. 12–19. (In Russian)

Klimat Moskvy v usloviyakh global'nogo potepneniya. [The Moscow climate under the global warming condition] A.V. Kislov (ed.). Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. 2017. 288 p. (In Russian)

Kuzmina E.V., Olchev A.V., Rozinkina I.A. et al. Primenenie mezomasshtabnoj modeli COSMO-SLM dlja ocenki vlijanija izmenenija lesistosti evropejskoj chasti Rossii na regional'nye meteorologicheskie uslovija [Application of the COSMO-CLM mesoscale model for the assessment of the impact of forest cover changes on the regional meteorological conditions] // *Meteorologia i Gidrologia*. 2017. № 9. P.48–58. (In Russian)

Kuznetsova I.N., Nakhaev M.I. Sezonnnye osobennosti termicheskoj struktury nizhnih sloev atmosfery v moskovskom megapolise po dannym mikrovolnovyh izmerenij temperatury [Seasonal features of thermal structure of surface atmospheric layers in the Moscow megapolis based on microwave temperature measurements data] // 80 let Gidrometcentru Rossii. Moscow: TRIADA Ltd, 2010. P. 389–400. (In Russian)

Landsberg G.E. Klimat goroda [Urban climate]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 246 p. (In Russian)

Lokoshchenko M.A. Urban Heat Island and Urban Dry Island in Moscow and Their Centennial Changes // *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 2017. T. 56. № 10. P. 2729–2745.

Lokoshchenko M.A., Korneva I.A., Kochin A.V. et al. O vysotnoj protjazhennosti gorodskogo «ostrova tepla» nad Moskvoy [Vertical extension of the «urban heat island» over Moscow] // *Doklady Akademii Nauk*. 2016. V. 466. № 2. P. 213–217. (In Russian)

Mesinger F., DiMego G., Kalnay E. et al. North American Regional Reanalysis // *Bulletin of American Meteorological Society*. 2006. V. 3. P. 343–360.

Olchev A.V., Rozinkina I.A., Kuzmina E.V. et al. Ocenka vlijanija izmenenija lesistosti central'nogo regiona Vostochno-Evropskoj ravniny na letnie pogodnye uslovija [Assessment of the impact of forest cover changes in the central region of the East European Plain on summer weather conditions] // *Fundamental'naja i Prikladnaja Klimatologija*. 2017. T. 4. C. 79–101. (In Russian)

Rienecker M.M., Suarez M.J., Gelaro R. et al. MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications // *Journal of Climate*. 2011. V. 24. № 14. P. 3624–3648.

Rivin G.S., Rozinkina I.A., Vilfand R.M. et al. Sistema COSMO-Ru negidrostaticheskogo mezomasshtabnogo kratkosrochnogo prognoza pogody Gidrometcentra Rossii: vtoroj jetap realizacii i razvitija [The COSMO-Ru system of non-hydrostatic mesoscale short-term weather forecast in the Hydrometcenter of Russia: the second stage of implementation and development] // *Meteorologia i Gidrologia*. 2015. № 6. P. 58–70. (In Russian)

Varentsov M.I., Samsonov T.Ye., Kislov A.V., Konstantinov P.I. Vosproizvedenie ostrova tepla Moskovskoy aglomeracii v ramkah regional'noj klimaticheskoy modeli COSMO-CLM [Representation of the urban heat island of Moscow agglomeration within the COSMO-CLM regional climate model] // *Vestnik Moskovskogo Unviersiteta, Seriya Geografiya*. 2017. № 6. P. 25–37. (In Russian)

Warner T. Numerical weather and climate prediction. Cambridge University Press, 2011. 526 p.

Wedi N. Increasing horizontal resolution in numerical weather prediction and climate simulations: illusion or panacea? // *Phil. Trans. Roy. Soc. A*. 2014. V. 372.

Wilby R.L., Wigley T.M.L. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations // *Progress in Physical Geography*. 1997. V. 21. P. 530–548.

Wouters H., Demuzere M., Blahak U. et al. Efficient urban canopy parametrization for atmospheric modelling: description and application with the COSMO-CLM model for a Belgian Summer // *Geosci. Model Dev*. 2016. V. 9. P. 3027–3054.

Received 26.12.2017

Revised 15.03.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 004.942; 528.44.; 520.36

В.С. Тикун¹, О.Е. Медведева², О.Ю. Черешня³

КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА НЕДВИЖИМОСТИ В РОССИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНОЧНОГО ЗОНИРОВАНИЯ

В статье рассматриваются возможности совершенствования кадастровой оценки недвижимости в стране и предлагается решение выявленных проблем применением новой методологии оценки на основе оценочного зонирования, осуществляемого с использованием геоинформационных технологий, в частности на основе математических моделей децентрализованного, защищенного от изменений реестра больших массивов картографических данных. Кадастровая оценка недвижимости, проводимая в России в целях определения налогооблагаемой базы по земельным участкам и связанным с ними строениям, является значимым социальным явлением, имеющим большой негативный резонанс в обществе, а не просто экономическим инструментом сбора налогов, поскольку затрагивает интересы всего населения страны и всех предприятий реального сектора экономики. Негативное восприятие и, как следствие, большое социальное напряжение как у обычных граждан, так и у представителей бизнеса и местных администраций связано с ее непрозрачностью, непонятностью методик расчета и необоснованностью самих показателей кадастровой стоимости, которые в одних случаях слишком высоки по сравнению с рынком и превышают все разумные пределы, а в других случаях слишком занижены, что подрывает экономическую базу существования муниципалитетов. Ситуация с решением проблем кадастровой оценки фактически зашла в тупик. В статье предлагается решение данной проблемы через изменение существующей модели кадастровой оценки и переход к оценочному зонированию. Кадастровые стоимости должны определяться для оценочных зон, формируемых современными геоинформационными методами с применением технологии блокчейн. В статье приводится пример применения подобного подхода в Германии для установления «ориентировочных» стоимостей.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, кадастр, оценка, кадастровая стоимость, зонирование

Введение. Оценка стоимости земли и связанной с ней недвижимости в настоящее время в России является принципиальной и достаточно важной проблемой. Острота проблемы вызвана неадекватной величиной показателей кадастровой стоимости и ее несоответствием рынку. В одних случаях это приводит к резкому, в десятки, а иногда в сотни раз, увеличению налогооблагаемой базы по жилью, коммерческим, сельскохозяйственным и производственным объектам, и как следствие, к увеличению имущественных налогов до неподъемной величины, вызывающей раздражение населения и предпринимателей. В других случаях необоснованное снижение стоимости влечет за собой занижение экономической базы местных бюджетов. Серьезность ситуации привела к тому, что в 2018 г. по этому вопросу пришлось выступить Президенту России В.В. Путину, который сказал следующее: «В реальности оказалось, что кадастровая стоимость, которая вроде бы должна соответствовать рыночной, часто значительно ее превышает. Но мы так не договаривались, и люди такого не ожидали». Далее он указал на необходимость уточнения этих параметров, чтобы в итоге сбор стал посильным для граждан [Коммерсант.ru, 2018]. Основная задача работы –

выявить основные причины сложившейся негативной ситуации с кадастровой оценкой и предложить решение вопроса.

Сложившаяся ситуация связана с тем, что исходный посыл к переходу на модель налогообложения на основе рыночной стоимости недвижимости, продекларированную в ходе земельной и налоговой реформ и считавшуюся более справедливой по сравнению с существовавшей, был в результате применения неверной методологии и модели оценки налогооблагаемой базы изменен до своей полной противоположности. Официально установленные значения кадастровой стоимости не только не стали соответствовать рыночной стоимости, но и превысили ее в разы, сводя идею справедливости налога на землю и недвижимость к ее отрицанию. Изначально предполагалось, что справедливость будет обеспечиваться установлением налоговой базы в размере рыночной стоимости только земельных участков, а затем единого объекта недвижимости. При этом должны обеспечиваться прозрачность, доступность и «понятность» для налогоплательщиков как самой кадастровой стоимости, так и применяемой методологии ее получения. Однако эта важная и значимая проблема до настоящего времени не решена,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, зав. лабораторией, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* vstikunov@yandex.ru

² Государственный университет управления, кафедра экономической политики и экономических измерений, профессор, докт. экон. н.; *e-mail:* medvedeva_o@list.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* cheresnya.o@yandex.ru

несмотря на ведущиеся с начала 1990-х годов подготовительные работы и потраченные на них огромные средства, исчисляемые миллиардами рублей. Внешне все выглядит благополучным: накоплены и доступны онлайн огромные массивы оцифрованных данных как по самой недвижимости, подлежащей налогообложению, так и по показателям ее кадастровой стоимости. Тем не менее в данном вопросе власти, по сути дела, зашли в тупик. Об этом свидетельствует неутешительная статистика судебных и досудебных оспариваний кадастровой стоимости, количество которых после перехода на новую модель налогообложения только нарастает.

Новая модель подразумевает взимание налога в процентах от кадастровой стоимости единого объекта недвижимости – земельного участка и расположенных на нем строений. Ранее, до 2015 г., взимался отдельный налог на землю и имущество в виде зданий и строений, оцениваемых по исходным затратам на их строительство (стоимости БТИ), которые были значительно меньше рыночной стоимости таких объектов. На протяжении последних лет предпринимались попытки исправить положение. Но делалось это в основном правовыми инструментами: путем внесения поправок, изменений и дополнений в оценочное, налоговое законодательство и создания различных подзаконных правовых актов, касающихся процедуры изменения кадастровой стоимости через ее оспаривание.

Первой попыткой осмыслить экономическую модель оценки и заменить ее методологию стало официальное признание возможности оспаривания кадастровой стоимости, если она не соответствует рыночной. В 2008 г. в статью 66 Земельного кодекса была внесена поправка о том, что в случаях определения рыночной стоимости земельного участка, его кадастровая стоимость устанавливается равной его рыночной стоимости. На внесение такого изменения потребовалось семь лет. До этого суды отказывались признавать оспаривание. Далее с 2012 г. для облегчения процедуры оспаривания и снижения загрузки судов этими вопросами была введена досудебная процедура оспаривания кадастровой оценки. Занимались ею специальные комиссии по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости. Но и они не справились ни с объемом работ, ни с обоснованием принимаемых решений. И вот, в ноябре 2018 г. появилась информация о планах Росреестра упразднить такие комиссии [Известия, 2018].

Существует довольно много причин создавшегося положения. Но в качестве основных можно назвать изначально неверный выбор модели налоговой оценки недвижимости и отказ от применения технологии оценочного зонирования. Также негативно влияет на обоснованность кадастровых оценок отсутствие официального доступа к информации о фактических ценах на рынке недвижимости. В настоящее время оценщики преимущественно используют данные о ценах предложения. Однако они могут существенно отличаться от цен, складывающихся

в реальных сделках, что приводит к искажению расчетных значений кадастровой стоимости. Предложения о продаже недвижимости и земельных участков в картографическом виде приводит лишь ограниченное количество риэлтерских компаний (например, ЦИАН), причем преимущественно для рынка Москвы и Санкт-Петербурга. Еще одной серьезной проблемой является неучет качества городской среды при определении кадастровой и отчасти рыночной стоимости недвижимости. Такой учет невозможен из-за отсутствия открытых публичных данных об экологических условиях (загрязнении окружающей среды и его источниках, полигонах ТБО, источниках промышленных выбросов и т. п.) и социальной сфере (обеспеченности объектами социальной инфраструктуры, рекреации, уровне преступности, величине заработной платы). Данные о транспортной доступности можно получить только в частном неинтегрированном виде через сервисы компании Яндекс, а сведения о благоприятности природно-климатических условий имеются лишь в специализированной научной литературе.

В таких условиях потенциальным покупателям затруднительно, а зачастую и невозможно провести оценку качества городской среды, которое, в отличие от параметров самого жилища, не может быть определено при личном посещении объекта недвижимости или земельного участка.

Материалы и методы исследований. Интегрированные системы разных аспектов качества городской среды представляют значительный интерес не только в узкоспециализированных рамках методики кадастровой оценки, но и для широкого круга потенциальных покупателей, продавцов недвижимости. Необходимо создание методологии оценочного зонирования. Для этого нужно выработать стандартизированную процедуру оценки, соответствующую современной теории и наилучшим международным практикам. Получаемые стоимостные параметры с помощью новейших цифровых технологий должны быть привязаны к конкретным территориям путем создания оценочных зон, границы которых могут меняться с изменением ценовых и других параметров. Для этого требуется разработка математической модели децентрализованного, защищенного от изменений реестра больших массивов картографических данных, а также принципов их формирования и использования, включая разработки технологических решений по применению облачных технологий и технологий блокчейна (blockchain) для обеспечения безопасности, обработки и хранения этих данных. Разработка такой модели повысит уровень безопасности и ускорит процесс дистанционного оформления документов. Это позволит трансформировать способ покупки и продажи недвижимости, устранив скрытые издержки и неэффективность рынков жилья и коммерческих объектов. Работы в этом направлении находятся на начальной стадии в мире и России. Поэтому данное исследование может стать «прорывным» направлением перехода к цифровой экономике в публичном пространстве в России.

Поскольку одной из важнейших задач Электронного правительства России является формирование совершенно новых методов и подходов, которыми могли бы воспользоваться граждане и предприниматели для эффективного взаимодействия с госструктурами, то такие новшества должны быть построены на принципах открытости. Это должно помочь снизить степень социальной напряженности в данном вопросе и благотворно повлиять на экономическую ситуацию и состояние общественных отношений в стране. В рамках цифровизации этого направления Росреестр уже запустил услуги по госрегистрации прав на недвижимость, по постановке недвижимости на государственный кадастровый учет и по выдаче сведений из Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП) и из Государственного кадастра недвижимости (ГКН).

В 2019 г. Росреестр планирует перевести в режим онлайн не менее 70% госуслуг. Следовательно, важнейшее значение приобретает вопрос безопасности и надежности хранения кадастровых данных, а также формирования новой модели определения кадастровой стоимости методами массовой оценки для обеспечения принципа справедливости в установлении налогооблагаемой базы. Данному вопросу уже посвящено довольно много работ. Одними из самых перспективных методов хранения кадастровых и картографических данных считаются технологии децентрализованных хранилищ или блокчейн технологии. Первые предпосылки для зарождения блокчейн были заложены более 20 лет назад с появлением связанных штампов времени (linked time stamping) – сбора транзакций в блоки и связывания их при помощи хеш-функций [Haber, Stornetta, 1991; Benaloh et al., 1991; Buldas et al., 2006; Le Lann, 1977], а также распределенных вычислений – таких принципов построения сетей, которые устойчивы к сбоям и злонамеренному поведению узлов [Le Lann, 1977; Coulouris et al., 2011; Lind, Alm, 2006; Korach et al., 1990; Sanjeev, Boaz, 2009]. Одной из первых работ по блокчейн был «Биткойн» Сатоши Накамото [Nakamoto, 2008]. Популярность биткойна привлекла множество других ученых и инженеров к развитию блокчейн-платформ. Ряд компаний присоединились к развитию системы: Microsoft (<https://news.microsoft.com/2016/09/27/microsoft-and-bank-of-america-merrill-lynch-collaborate-to-transform-trade-finance-transacting-with-azure-blockchain-as-a-service/>), Barclays банк (<https://www.reuters.com/article/us-banks-barclays-blockchain/barclays-says-conducts-first-blockchain-based-trade-finance-deal-idUSKCN11D23B>), Альфа-банк (<https://alfabank.ru/press/news/2016/12/21/37627.html>). Некоммерческие партнерства Openchain (<https://www.openchain.org>), Multichain (<https://www.multichain.com>) и Monax (<https://monax.io/>) опубликовали в открытом доступе исходные коды своих разработок. Наиболее прогрессивными платформами в данный момент считаются Ethereum (<https://www.ethereum.org/>) и Hyperledger (<https://www.hyperledger.org> (IBM, Intel)).

Результаты исследований и их обсуждение. В России исследования применения цифровых технологий для блокчейн и кадастровой оценки на основе зонирования и экономического обоснования градостроительных решений пока находятся в зачаточном состоянии. Количество публикаций по данной тематике невелико. К ним можно отнести статьи Е.И. Неймана по когнитивным технологиям, массовой оценке и облачным технологиям [Нейман с соавт., 2015; Нейман, Смоляк, Фингерг, 2015], обоснованию инвестиций и градостроительных решений [Нейман с соавт., 2011], а также статьи А.И. Артеменкова [Артеменков, 2015], Г.И. Микерина [Микерин, 2008], О.Е. Медведевой [Медведева с соавт., 2010] и др. На Западе исследования по данным направлениям проводятся довольно давно и более широким фронтом. Сейчас известно большое количество публикаций, посвященных массовой оценке недвижимости. Ряд процессов в данной сфере стандартизирован. Существуют, например, Стандарты Международной ассоциации налоговых оценщиков (МАНО/IAAO [2011]). В США вопросы массовой оценки обсуждаются в рамках научно-практической дискуссии в связи с тем, что там применяется индивидуальная модель налоговой оценки. В то же время в Европе, в частности в Германии, цифровые и геоинформационные технологии массовой оценки уже перешли в практическую плоскость и широко применяются во всех перечисленных выше сферах. Наиболее интересны работы, проводимые в Германии в рамках оценочного зонирования. Оно считается составным элементом информационной системы, необходимой для обеспечения прозрачности рынка недвижимости и определения налогооблагаемой стоимости. Оценочные зоны показываются на картах земель и входящих в них муниципальных районов и населенных пунктов, причем масштаб и тематическое содержание таких карт могут быть различными. На картах отражается информация об ориентировочной (стандартизированной) стоимости свободных земельных участков, застроенных земельных участков с указанием различных характеристик недвижимости (тип застройки, этажность и др.), сельскохозяйственных угодий и лесных земель. Показатели стоимости приводятся в евро на м². С 2003 г. в Германии стала действовать электронная геоинформационная система, содержащая те же элементы, что и система на бумажных носителях.

На электронных картах обычно указываются такие характеристики, как тип недвижимости (жилая, коммерческая, промышленная или иная), тип поселения (большое, маленькое, другое), этажность и тип зданий и др. На рис. 1 приведен образец карты ориентировочной стоимости земли в муниципальном районе Минден-Любек Северной Рейн-Вестфалии (Nordrhein-Westfalen).

В качестве примера репрезентативной системы можно привести геоинформационную систему Open.NRW Северной Рейн-Вестфалии (<https://www.boris.nrw.de/borisplus/?lang=de>), содержащую данные о стоимости объектов недвижимости с опи-

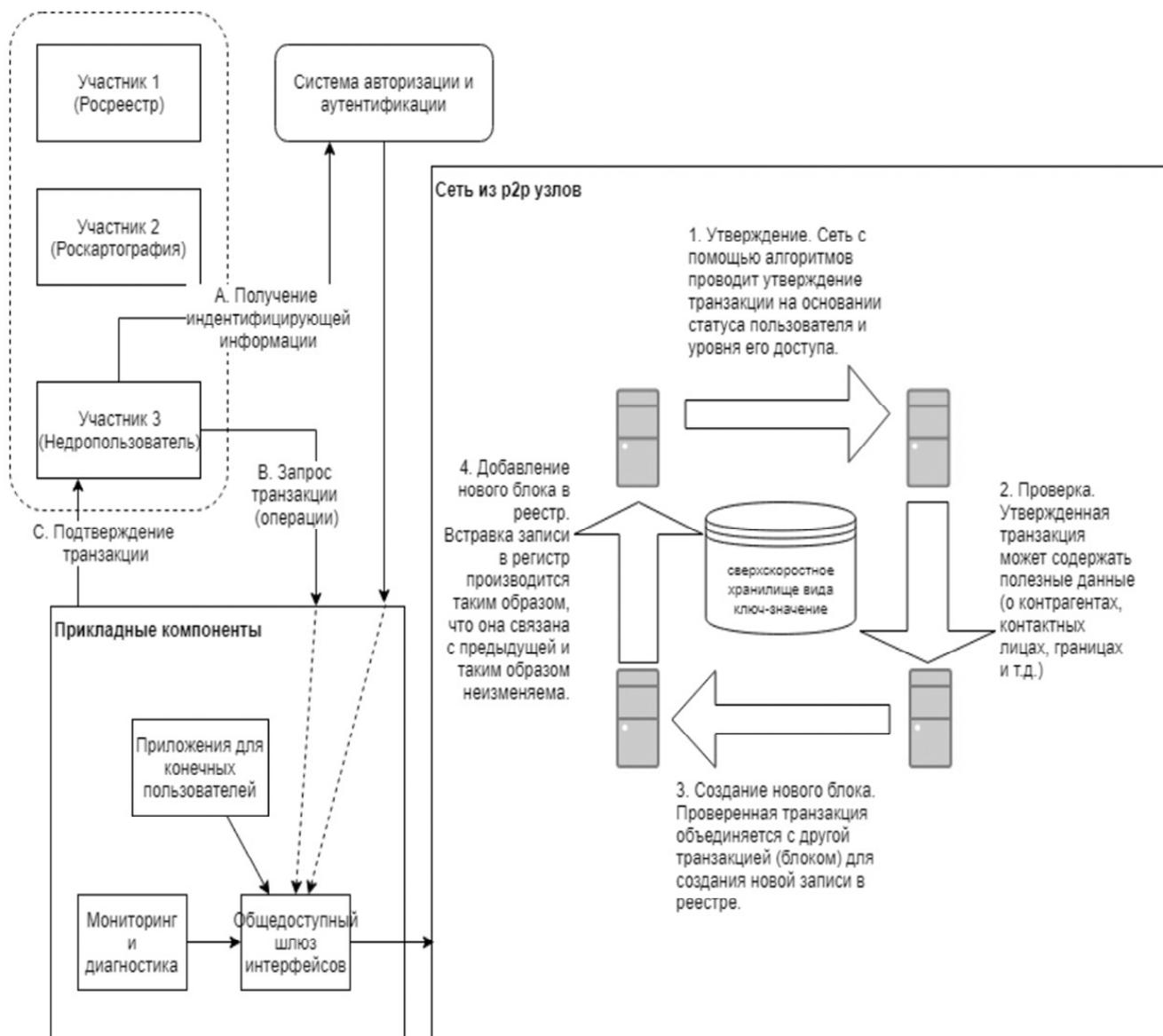


Рис. 2. Схема технологии связанных блоков информации (блокчейн)
 Fig. 2. Scheme of the technology of related blocks of information (blockchain)

новные критерии рассматриваемых платформ: применимость для решения поставленных задач; скорость проведения операций; потеря транзакций; документированность решения; скорость развития платформы; соответствие стандартам (ERC-20, «умный контракт»); требуемый объем сети; расширяемость.

Для использования какой-либо существующей блокчейн-платформы в целях обеспечения государственных интересов необходимо учитывать и факторы внешнего давления (такие, как ограничение на работу в рамках секторальных и/или государственных санкций), поэтому важным аспектом при выборе системы станет возможность собственной реализации на основе имеющихся наработок (так называемый «форк» свободного ПО, когда используется кодовая база одного программного проекта в качестве старта для другого). Как следствие, Open-Source решения будут более предпочтительны.

Программное решение поставленных задач должно обеспечить функционирование таких компонентов, как реестр имущественных объектов на базе блокчейн; хранилище пользователей (участников) и их прав на базе блокчейн; систему идентификации и авторизации; сеть p2p узлов (одноранговую децентрализованную сеть, основанную на равноправии участников), которые осуществляют утверждение и проверку транзакций, создание новых блоков и их добавление в реестр; прикладные компоненты для работы с системой (мониторинг, управление, публичный API, пользовательские приложения).

При переходе к модели оценочного зонирования следует учитывать следующие обстоятельства. Оценочное зонирование заключается в проведении агрегирования ценовых участков в однородные оценочные зоны. Основной особенностью такого агре-

гирования является необходимость учета сложившегося исторического и архитектурно-планировочного деления города на функциональные зоны, а также перспективных планов развития городской территории и фактического качества городской среды, включая экологические аспекты. Именно эти обстоятельства и особенности оценочного процесса делают его крайне сложным для формализации на данном этапе и требуют определенных навыков районирования территории, где очень важен опыт, накопленный в градостроительстве и географии. Вместе с тем существуют некоторые основные моменты, которые надо учитывать при выделении оценочных зон внутри города: 1. Оценочные участки, близкие по значению остаточной стоимости земли, объединяются в единые ценовые зоны. 2. Желательно, чтобы ценовые зоны были представлены однородными единицами территориального деления, не были локальными участками и имели границы, обозначенные ярко выраженными естественными и искусственными рубежами. В качестве таких рубежей можно рассматривать улицы, магистрали, линии электропередач, дороги, реки, ручьи, естественные формы рельефа и т. д. При этом допускается, что одна оценочная зона может быть представлена несколькими локальными участками на территории поселения. 3. Количество оценочных зон зависит от: а) диапазона оценочных стоимостей земли и выделенных ранее оценочных участков (районов, кварталов) с типовой застройкой или одинако-

вым функциональным использованием территории; б) численности жителей населенного пункта.

После выделения однородных ценовых участков на карте города и установления границ ценовых зон составляются таблицы окончательных ориентировочных стоимостей земельных участков и находящейся на них недвижимости в конкретных оценочных зонах города. Окончательные ориентировочные стоимости возможно устанавливать двумя способами: как максимальные значения стоимости земли, полученные в предварительных оценочных зонах (районах, кварталах); как средневзвешенные величины стоимости земельных участков под жилой и коммерческой застройкой разного типа, полученные в предварительных оценочных зонах.

Выводы. По нашему мнению, необходимо:

- изменить действующую модель кадастровой оценки, когда кадастровая стоимость определяется индивидуально для каждого объекта в границах кадастровых кварталов без привязки к ценовым зонам, и перейти к методам массовой оценки на основе оценочного зонирования;

- для выработки организационных процедур воспользоваться немецким опытом;

- для формирования оценочных зон и применения методов массовой оценки использовать современные геоинформационные технологии, построенные на основе математических моделей децентрализованного, защищенного от изменений реестра больших массивов картографических данных.

Благодарности. Статья подготовлена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-18-00488).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артемюкова А.И.* Функциональная теория оценки. 2015. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23272932_67239816.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Известия.* 2018. URL: <https://iz.ru/817842/2018-11-29/gosreestr-likvidiruet-kadastrovye-komissii-otcenki> (дата обращения: 03.12.2018).
- Коммерсант.ru.* 2018. URL: https://www.gazeta.ru/business/2018/11/12/12056149.shtml?utm_medium=exchange&utm_source=smi2 (дата обращения: 03.12.2018).
- МАНО/IAAO.* 2011. URL: http://www.nkso.ru/files/ob_svedeniya_manop.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Медведева О.Е., Козлов В.М., Козлов П.В.* Проблемы кадастровой оценки. 2010. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16895645_64176003.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Микерин Г.И.* О методологических основах оценочной деятельности в условиях перехода России к инновационному развитию. 2008. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18816089> (дата обращения: 30.11.2018).
- Нейман Е.И., Акбиев Р.Т., Нейман Е.И., Табакова С.А.* О единой системе градостроительной оценки для обоснования инвестиций, управления ресурсами, обеспечения безопасности и устойчивого развития территорий. 2011. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16803491_48937966.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Нейман Е.И., Смоляк А.С., Сандрюкова Е., Сандрюков А.* Когнитивный стоимостной анализ как альтернативный метод оценки износа объектов недвижимого имущества. 2015. URL: elibrary.ru/download/elibrary_25034983_69376656.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Нейман Е.И., Смоляк А.С., Фингер А.Б.* Применение когнитивных технологий для оценки недвижимости. 2015. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25002259> (дата обращения: 30.11.2018).
- Benaloh J., de Mare M.* Efficient Broadcast Time-Stamping 1991. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=462441DBC0B87EAC205AB41EAD1E014B?doi=10.1.1.38.9199&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 30.11.2018).
- Buldas A., Laur S.* Do Broken Hash Functions Affect the Security of Time-Stamping Schemes? 2006. URL: <https://kodu.ut.ee/~swen/publications/articles/buldas-laur-2006.pdf> (дата обращения: 30.11.2018).
- Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G.* Distributed Systems: Concepts and Design (5th Edition). 2011. URL: <https://www.amazon.com/Distributed-Systems-Concepts-Design-5th/dp/0132143011> (дата обращения: 30.11.2018).
- Haber S., Stornetta W.S.* How to time-stamp a digital document. Journal of Cryptology. Vol. 3, № 2, P. 99–111, 1991. URL: https://www.anf.es/pdf/Haber_Stornetta.pdf (дата обращения: 30.11.2018).
- Korach E., Kuten S., Moran S.* A Modular Technique for the Design of Efficient Distributed Leader Finding Algorithms. 1990.

URL: https://www.researchgate.net/publication/220404668_A_Modular_Technique_for_the_Design_of_Efficient_Distributed_Leader-Finding_Algorithms (дата обращения: 30.11.2018).

Le Lann G. Distributed systems – toward a formal approach. 1977. URL: <https://www.rocq.inria.fr/novaltis/publications/IFIP%20Congress%201977.pdf> (дата обращения: 30.11.2018).

Lind P., Alm M. A database-centric virtual chemistry system. 2006. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16711722> (дата обращения: 30.11.2018).

Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 30.11.2018).

Sanjeev A., Boaz B. Computational Complexity – A Modern Approach 2009 URL: <http://theory.cs.princeton.edu/complexity/book.pdf> (дата обращения: 30.11.2018).

Поступила в редакцию 26.02.2019

После доработки 20.04.2019

Принята к публикации 24.05.2019

V.S. Tikunov¹, O.E. Medvedeva², O.Yu. Cheresnina³

CADASTRAL ASSESSMENT OF REAL ESTATE IN RUSSIA USING THE EVALUATION ZONING METHODOLOGY

The article discusses the possibilities of improving the cadastral real estate assessment and suggests solving the identified problems by applying a new methodology based on evaluation zoning which implements geo-information technologies based on mathematical models of decentralized and protected registry of large arrays of cartographic data. The cadastral evaluation of real estate in Russia is a significant social phenomenon that has a large negative resonance in society, rather than just an economic tax collection tool, because it affects the interests of the entire population of the country and all enterprises in the real sector of economy. Negative perception and resulting great social tension among citizens, business and local administrations is related to the lack of transparency, unclear calculation methods, and unreasonable cadastral value indicators, which in some cases are too high compared to the market and exceed all reasonable limits, and in other cases are too low, thus undermining the economic basis of the existence of municipalities. The situation with the decision of the problems of cadastral valuation is in a deadlock now. The solution of the problem is proposed through changing the model of cadastral valuation and transition to the evaluation zoning, when the cadastral values are determined for the evaluation zones formed by modern geo-information methods using blockchain technology. The article describes the example of such approach application in Germany to establish «approximate» values.

Key words: geoinformation technologies, cadastre, evaluation, cadastral value, zoning

Acknowledgements. The work was financially supported by the Russian Science Foundation (project № 18-18-00488).

REFERENCES

Artemenkova A.I. Funkcional'naja teorija ocenki. [Functional assessment theory] 2015 URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_23272932_67239816.pdf (access date 30.11.2018). (In Russian)

Benaloh J., de Mare M. Efficient Broadcast Time-Stamping 1991. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=462441DBC0B87EAC205AB41EAD1E014B?doi=10.1.1.38.9199&rep=rep1&type=pdf> (access date 30.11.2018).

Buldas A., Laur S. Do Broken Hash Functions Affect the Security of Time-Stamping Schemes? 2006. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11767480_4 (access date 30.11.2018).

Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G. Distributed Systems: Concepts and Design (5th Edition). 2011. URL: <https://www.amazon.com/Distributed-Systems-Concepts-Design-5th/dp/0132143011> (access date 30.11.2018).

Haber S., Stornetta W.S. How to time-stamp a digital document // Journal of Cryptology. 1991. Vol. 3. № 2. P. 99–111. URL: https://www.anf.es/pdf/Haber_Stornetta.pdf (access date 30.11.2018).

Izvestija. 2018. URL: <https://iz.ru/817842/2018-11-29/rosreestr-likvidiruets-kadaastrovye-komissii-otcenki> (access date 03.12.2018). (In Russian)

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Integrated Mapping, Head of Laboratory, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail:* vstikunov@yandex.ru

² State University of Management, Department of Economic Policy and Economic Measurements, Professor, D.Sc. in Economics; *e-mail:* medvedeva_o@list.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of Integrated Mapping, Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* chereshnina.o@yandex.ru

Kommersant.ru. 2018. URL: https://www.gazeta.ru/business/2018/11/12/12056149.shtml?utm_medium=exchange&utm_source=smi2 (access date 03.12.2018). (In Russian)

Korach E., Kutten S., Moran S. A Modular Technique for the Design of Efficient Distributed Leader Finding Algorithms. 1990. URL: https://www.researchgate.net/publication/220404668_A_modular_Technique_for_the_Design_of_Efficient_Distributed_Leader_Finding_Algorithms (access date 30.11.2018).

Le Lann G. Distributed systems - toward a formal approach. 1977. URL: <https://www.rocq.inria.fr/novaltis/publications/IFIP%20Congress%201977.pdf> (access date 30.11.2018).

Lind P., Alm M. A database-centric virtual chemistry system. 2006. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16711722> (access date 30.11.2018).

MANO/IAAO. 2011. URL: http://www.nkso.ru/files/ob_svedenia_mano.pdf (access date 30.11.2018). (In Russian)

Medvedeva O.E., Kozlov V.M., Kozlov P.V. Problemy kadastrovoj ocenki. [Problems of cadastral valuation] 2010. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16895645_64176003.pdf (access date 30.11.2018). (In Russian)

Mikerin G.I. O metodologicheskikh osnovah ocenочноj dejatel'nosti v uslovijah perehoda Rossii k innovacionnomu razvitiyu [The methodological basis of valuation activities under the transition of Russia to innovative development]. 2008 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18816089> (access date 30.11.2018). (In Russian)

Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (access date 30.11.2018).

Nejman E.I., Akbiev R.T., Nejman E.I., Tabakova S.A. O edinoj sisteme gradostroitel'noj ocenki dlja obosnovanija investicij, upravlenija resursami, obespechenija bezopasnosti i ustojchivogo razvitiya territorij [About a unified system of urban planning assessment to justify investments, resource management, security and sustainable development of territories]. 2011. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_16803491_48937966.pdf (access date 30.11.2018). (In Russian)

Nejman E.I., Smoljak A.S., Fingert A.B. Primenenie kognitivnyh tehnologij dlja ocenki nedvizhimosti [Application of cognitive technologies for real estate valuation.]. 2015. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25002259> (access date 30.11.2018). (In Russian)

Nejman E.I., Smoljak A.S., Sandrjukova E., Sandrjukov A. Kognitivnyj stoimostnoj analiz kak al'ternativnyj metod ocenki iznosa objektov nedvizhimogo imushhestva [Cognitive cost analysis as an alternative method for assessing the depreciation of real estate objects]. 2015. URL: elibrary.ru/download/elibrary_25034983_69376656.pdf (access date 30.11.2018). (In Russian)

Sanjeev A., Boaz B. Computational Complexity – A Modern Approach 2009) URL: <http://theory.cs.princeton.edu/complexity/book.pdf> (access date 30.11.2018).

Received 26.02.2019

Revised 20.04.2019

Accepted 24.05.2019

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 551.4+556.5+316.4

В.П. Бондарев¹, Ю.А. Болховитинова²

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ НАВОДНЕНИЙ

Любое катастрофическое наводнение влечет за собой целый спектр социальных последствий. Для выявления степени актуализации в научной литературе этих последствий был проведен контент-анализ массива публикаций по пяти крупным событиям в разных странах мира (Пакистан (2010); Таиланд (2011); Австралия (2011); Россия (2012); США (2013)). Самыми обсуждаемыми социальными последствиями оказались гибель людей, социальная солидарность и управленческие проблемы. Промежуточный интерес вызвали проблемы психологического состояния населения, горизонтальной и вертикальной мобильности. Наименее изученными оказались вопросы социального конфликта и адаптации, а также санитарных потерь. Социальные последствия можно разделить на негативные (гибель людей, санитарные потери и т. д.) и позитивные (активизация процессов социальной адаптации, рост уровня социальной солидарности, совершенствование инструментов кризисного управления сообществом). Круг обсуждаемых вопросов определяется спецификой конкретного наводнения. В случае с наводнением в Крымске (Россия, 2012) часто обсуждаемыми темами стали гибель людей (26,2%), изменение уровня социальной солидарности (26,2%), а также управленческие решения органов власти в кризисных условиях (19,1%).

Ключевые слова: стихийное бедствие, катастрофа, наводнение, кризисные ситуации, население

Введение. Современное общество все в большей степени становится обществом риска, в котором проблема природных бедствий с каждым годом становится все острее. Так, если с 1980 по 1985 гг. в мире было зафиксировано 1671 стихийное бедствие, то с 2010 по 2015 гг. – уже 3727. При этом на гидрологические бедствия приходится около 35–45% от общего числа событий [NatCatSERVICE ..., <http://natcatservice.munichre.com/?filter=eyJ5J5ZWFyRnJvbSI6MjAxNSwieWVhclRvIjoyMDE1fQ%3D%3D&type=1>]. Наиболее распространенными гидрологическими бедствиями являются катастрофические наводнения. В России ежегодно фиксируется несколько десятков случаев затопления. Наводнения охватывают огромные территории, на которых располагаются сотни городов и десятки тысяч других населенных пунктов, и приносят колоссальные убытки, оценивающиеся примерно в 40 млрд рублей в год [Информационное агентство ..., <http://tass.ru/proisshestiya/662522>]. Наибольшее количество наводнений в России фиксируется в Дальневосточном и Северокавказском регионах. Так, в период с 1991 по 2005 гг. там произошло 125 и 112 опасных наводнений, соответственно [Экстремальные ..., 2010]. В остальном мире наибольшее число наводнений наблюдается в Азии (особенно в Китае, Индонезии и на Филиппинах). На других континентах из стран, подверженных наводнениям, особенно выделяются США [Экстремальные ..., 2010]. Увеличение риска

экстремальных наводнений как в России, так и во всем мире неоднократно демонстрировалось различными исследователями [Алексеевский с соавт., 2016; Экстремальные ..., 2010; Blöschl et al., 2017; Frolova et al., 2017]. К причинам роста числа катастрофических наводнений относят ряд природных и антропогенных факторов. Это антропогенное нарушение водного и климатического баланса, увеличение плотности населения Земли, а также увеличение и усложнение инфраструктуры, разрушение которой приводит к существенно большим человеческим жертвам и экономическим потерям и т. д. Отмечающийся рост объема информации о наводнениях косвенно демонстрирует нарастающий интерес к проблеме.

Важным аспектом в рассмотрении катастрофических наводнений являются оценки их социально-экономических последствий. В настоящее время создаются комплексные методики таких оценок [Бабурин с соавт., 2015]. В работе Н.И. Алексеевского с соавторами [Алексеевский с соавт., 2016] показано, что характеристика ущерба от наводнения должна включать в себя как физико-географические, так и социально-экономические составляющие: повторяемость, площадь затопления и число охваченных воздействием водосборов, глубина и продолжительность затопления, величина и структура ущерба. Социально-экономическая оценка включает определение количества населенных пун-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ст. науч. с., канд. геогр. н.; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, факультет социальных и гуманитарных наук, кафедра социологии и культурологии, доцент; e-mail: valery_bondarev@mail.ru.

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, социологический факультет, кафедра социологии государственного управления, магистрант; e-mail: arzau95@gmail.com

ктов, охваченных воздействием наводнения, величину прямого материального ущерба и угрозу для жизни, характер прямого повреждения промышленных объектов и дорожной инфраструктуры, жилых зданий; размеры и структуру затопления освоенной территории; степень нарушения уклада жизни и производственной деятельности людей; необходимость эвакуации местных жителей; ухудшение экологической обстановки и другие характеристики. В то же время авторы указывают, что достоверных сведений по вышеперечисленным показателям не так уж и много. Так, А.Б. Авакян и М.Н. Истомина [Авакян, Истомина, 2002] пишут о том, что в настоящее время даже у специалистов нет каких-либо объективных сведений о планетарных масштабах и последствиях данного явления, которое порождает целый комплекс проблем взаимодействия общества и природы. За последние полтора десятка лет вышло несколько работ, в которых описываются и количественно анализируются социально-экономические последствия наводнений [Добровольский, Истомина, 2006; Добровольский, 2017; Istomina, Dobrovolskiy, 2016]. Большой массив данных о последствиях наводнений накапливается в Дармутской обсерватории наводнений (США), в Институте водных проблем РАН и т. д.

При обилии данных не всегда понятно, насколько соответствующие события влияют на трансформацию местных сообществ, на их дальнейшее существование. Специально проведенный анализ работ, посвященных таким крупным экологическим катастрофам, как взрыв нефтяной платформы и разлив нефти в Мексиканском заливе в 2010 г., а также разрушение атомной электростанции Фукусима-1 в результате цунами в 2011 г., показывает, что все чаще в рассмотрение возникающих проблем включают экономическую, юридическую и социальную составляющие [Бондарев, Кирилук, 2013]. В случае этих двух катастроф можно уверенно говорить о наличии общественных трансформаций в местных сообществах и влиянии их на более крупные сообщества, включая влияние в целом. В таком случае встает вопрос о наличии таких трансформаций при катастрофических наводнениях.

В этой статье на примере пяти крупнейших наводнений рассмотрены их основные социальные последствия, которые могут приводить к общественным трансформациям.

Материалы и методы. Для того чтобы определить, насколько в научной литературе актуальны социальные последствия катастрофических наводнений, было проведено исследование массива публикаций по пяти крупным событиям в разных странах мира. Для анализа были выбраны именно научные публикации, так как в отличие от сообщений СМИ, эмоционально и субъективно описывающих стихийные бедствия, научные публикации представляют собой обработанный материал, полученный в ходе объективного анализа данных.

Выборочная совокупность представлена в исследовании 105 статьями (по 21 для каждого конк-

ретного наводнения). Отбор осуществлялся с помощью Google Scholar – одной из широко известных и хорошо зарекомендовавших себя поисковых систем научных публикаций. В выборку попали практически все найденные статьи, в тексте которых упоминались рассмотренные ниже события. Так как Google Scholar содержит данные из большинства рецензируемых онлайн-журналов крупнейших научных издательств Европы и Америки, то можно полагать, что выборка была достаточно репрезентативной. Год издания работ ограничен временным промежутком с 2010 по 2017 г., то есть описаны современные события, однако с интервалом, который позволяет оценить затухание интереса к рассматриваемым явлениям. Проанализированы следующие катастрофические наводнения, которые произошли за последние 10 лет в различных странах мира:

1. Наводнение в провинции Хайбер-Пахтунхва (Пакистан) в июле 2010 г. Согласно отчету Красного Креста в Сингапуре [ReliefWeb ..., <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floodsthe-deluge-disaster-facts-figures-15-september-2010>], примерно 20 млн человек пострадали от этого наводнения, почти 2 тыс. погибли, 3 тыс. получили ранения. Огромное число жертв связано с ухудшением санитарно-эпидемиологической обстановки: отсутствие продуктов питания, ограниченный доступ к чистой воде и антисанитарные условия стали причиной случаев недоедания, гастроэнтерита, диареи, кожных инфекций, холеры, тифа и малярии [Kronstadt et al., 2010]. Особенно сильно пострадали жители сельской местности. Утратив имущество и почти все средства к существованию, они потеряли шанс на восстановление нормальной жизни [Kirsch et al., 2012].

2. Наводнение в нескольких провинциях Таиланда в июле–сентябре 2011 г. В общей сложности пострадало более 13 млн человек, 800 погибли, 160 тыс. были вынуждены покинуть свои дома, многие из них решили уехать из своих городов навсегда. Данное событие пагубно отразилось не только на экономической ситуации в стране, но и на мигрантах, так как ослабило их и без того уязвимое положение [Natural ..., <https://www.tmd.go.th/en/downloads.php>].

3. Наводнение в Квинсленде (Австралия) в январе 2011 г. Несмотря на скоординированные действия властей, оно привело к гибели 35 человек и затронуло более 200 тыс. Около 90 городов пострадали от паводков [Australian ..., https://www.zurich.com.au/content/dam/australia/general_insurance/risk_engineering/australian-storms-and-floods-white%20paper.pdf].

4. Наводнение в Крымске (Краснодарский край) в июле 2012 г. [О катастрофических ..., <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/5419-07072012->]. Пострадало свыше 34 тыс., погиб 171 человек. Это событие стало неожиданностью как для простого населения, так и для властей [Почти ..., <https://ria.ru/incidents/20120709/695261699.html>]. Наводнение вызвали сильнейшие ливни (за сутки выпала 1/3 от годовой нормы осадков при суточном

максимуме 1%). Последствия наводнения усугубил ряд других неблагоприятных обстоятельств [Волосунин, Щурский, 2012]: плотная застройка; наличие нескольких мостов и мостовых переездов; чрезмерное накопление водных масс в результате образования оползней; сход селевых потоков; разрушение бесхозного пруда; отсутствие гидродинамических моделей прохождения паводка в бассейне р. Адагум; неэффективная работа служб по предупреждению населения; отсутствие учета опыта предыдущих наводнений и их последствий в этом регионе.

5. Наводнение в штате Колорадо (США) в сентябре 2013 г. Его жертвами стали 8 человек, около 500 пропали без вести, повреждено около 30 мостов и несколько сотен километров дорог. Минимизации негативных последствий способствовали система оповещения, работа более 50 государственных и местных религиозных организаций и т. д. [Colorado ..., <https://www.fema.gov/news-release/2013/10/11/colorado-flooding-one-month-later-positive-signs-recovery>].

Для исследования был использован контент-анализ – метод, который применяется при обработке объемных и несистематизированных текстовых данных для измерения и дальнейшего получения точной и объективной информации [Белл, Браймен, 2012; Семенова, Корсунская, 2010]. Исходной категорией исследования стало социальное последствие наводнения. За единицу счета взято упоминание той или иной темы в статье и такая пространственная характеристика текста, как строка. Единицами измерения являлось отношение общего числа упоминаний определенного признака структурно-функциональной трансформации к количеству статей, описывающих одно событие, и средний объем текста научной работы, посвященной рассмотрению тех или иных социальных изменений. При этом была разработана кодировка, а также система индикаторов. Например, для признака «гибель человека» использовались такие индикаторы, как «в общей сложности погибли», «утонули в машине», «смерть наступила в результате обострения хронических заболеваний, малярии» и т. д. Всего было взято девять признаков: гибель человека, санитарные потери, изменение психического состояния, активизация социальной адаптации, формирование социального конфликта, изменение уровня социальной солидарности, усиление вертикальной социальной мобильности, усиление горизонтальной мобильности, управленческие решения органов власти в кризисных условиях.

Результаты и их обсуждение. Основные социальные последствия стихийных бедствий. Для определения основных направлений исследований, а также для выделения единиц счета, был проведен качественный анализ литературы по стихийным бедствиям. При этом предполагалось, что стихийные бедствия, в том числе катастрофические наводнения, оказывая воздействие на объекты материального мира, живые организмы, в том числе на людей, влияют и на ценностные установки личности и функ-

ционирование социальной структуры сообществ. Удалось установить следующие наиболее часто упоминаемые в литературе группы социальных последствий стихийных бедствий.

Человеческие жертвы и санитарные потери являются наиболее очевидными и трагическими последствиями стихийного бедствия. В настоящее время все чаще отмечается, что гибель населения происходит не от самих стихийных бедствий, а от разрушаемых при этом объектов инфраструктуры. Часто указывают на поражение током, отравление химическими соединениями, попавшими в окружающую среду при разрушении соответствующих хранилищ и т. д. К санитарным потерям можно причислить травмы, заболевания в результате переохлаждения, обострение хронических болезней, малярию, кишечные инфекции, отравления и т. д. Часто от последствий катастрофы жертв оказывается больше, чем от нее самой. При этом смерть близких людей, потеря жилья, работы и т. д. могут отразиться на *социально-психологическом состоянии общества*: возникают стресс и паника, а отсутствие информации порождает слухи, которые обладают эффектом заражения и способны усугубить положение. Также появляются агрессия, фобии, истерия, феномены внушения и подражания [Стрельникова, Хабибуллин, 2013].

Во время стихийных бедствий наблюдается рост уровня *девиантного поведения*. Т.А. Зорина отмечает, что преступления, совершаемые в кризисный период, определены неподготовленностью граждан к катастрофам и авариям, состоянием растерянности и слабости, отсутствием контроля за опасными ситуациями со стороны властей, дезорганизацией представителей государственной власти, законодательных, правоохранительных, исполнительных органов [Зорина, 2015].

Еще одним важным аспектом социальных последствий стихийных бедствий является активизация *вертикальной и горизонтальной мобильности жертв*. Первая проявляется в том, что, потеряв кормильца, жилье или работу, люди нередко теряют свой экономический или профессиональный статус. Это сопровождается маргинализацией, для преодоления которой индивиду или группе необходимо приспособиться к имеющимся условиям, изменить модель своего поведения и выработать определенную стратегию социальной адаптации. Также происходит увеличение горизонтальной мобильности населения (растет число миграций). Однако считается, что внезапные стихийные бедствия в большинстве случаев характеризуются кратковременными внутренними миграционными процессами, так как их жертвы не имеют финансовой возможности передвигаться на дальние расстояния, не хотят менять привычное место жительства и, возвращаясь обратно, пытаются обосноваться на прежних местах вновь. Массовое передвижение людей возникает лишь в том случае, если бедствие стало причиной голода или социального напряжения [Пиге с соавт., 2013].

Необходимо обратить внимание на такой важный аспект последствий стихийных бедствий, как *социальный конфликт*. Конфликт, как правило, обостряется из-за несправедливого распределения социальных благ и имеющихся место к моменту бедствия социальных, этнических и других противоречий. Э. Карантелли и Р. Дайнс [Quarantelli, Dynes, 1976] выделили два вида конфликтов в пострадавшем от стихийного бедствия сообществе: на основе распределения вины и выделения ресурсов для реабилитации и восстановления. Первый появляется из-за того, что готовность к стихийным бедствиям и реагирование на них часто рассматриваются населением как работа «кого-то другого» [Vox et al., 2016]. Ответственность за последствия стихийного бедствия возлагается на конкретного человека или группу лиц, чьи действия не способствовали предупреждению или минимизации рисков. Второй, более распространенный вид конфликта связан с распределением ресурсов для оказания чрезвычайной помощи. Первый предмет спора сконцентрирован на бюрократических процедурах, менее эффективных и результативных в отличие от неформальных способов оказания помощи пострадавшим и их группам, второй – на сокращении содействия со стороны внешних организаций.

Стихийные бедствия приносят не только разрушительный, но и консенсуальный потенциал. Стихийное бедствие представляет собой внешнюю угрозу по отношению к лицам, которые стремятся скоординировать действия для решения общей проблемы. Можно говорить о феномене *социального сплочения или солидарности*. Социальные отношения в частной сфере человека в период трагедии и после нее не только помогают восстановить психическое и эмоциональное равновесие, но и способствуют получению необходимых ресурсов [Hawdon, Ryan, 2011]. Контакты на этом уровне ограничены. Связи же в публичной сфере характеризуются высоким потенциалом для усиления социальной сплоченности посредством эмоциональности и социально одобряемой формы ее проявления, акцентирования внимания на общую для всех потерю, а также формирования чувства единства. Взаимодействие на уровне локального сообщества сосредоточено на коллективной утрате и призвано преодолеть последствия трагедии. Именно эти связи являются самыми прочными, так как базируются на общих ценностях и взаимной поддержке и способны усиливать сплоченность на протяжении долгого времени, в отличие от частных и общественных, которые могут трансформироваться в социальный конфликт. При этом социальное сплочение на первых этапах помогает пострадавшим справиться с социально-психологическими проблемами, возникшими в результате стихийного бедствия, в то время как в период восстановления уровень солидарности в обществе снижается и провоцирует обострение социальных противоречий.

При анализе последствий стихийных бедствий особое внимание, как правило, уделяется *проблеме*

принятия управленческих решений, которые не только предопределяют последствия стихийного бедствия, но и могут явиться причиной социального конфликта. Проблема управления усугубляется двумя факторами: деструктивным коллективным поведением масс и участием в управлении отдельных акторов, использующих возможности, предоставленные произошедшим, в своих интересах. Е.А. Грызунова определяет данное явление как кризисный оппортунизм, «капитализм катастроф», «бизнес страха» и «созидательное разрушение» и отмечает, что следствием таких действий может стать изменение социального «ландшафта» [Грызунова, 2012]. На уровне межгрупповых взаимодействий отмечается нарушение баланса интересов между различными субъектами социального действия, что приводит к усилению конфликтности социальной среды и появлению феномена социальной справедливости, плюралистическая трактовка каждой из сторон которой обостряет индивидуальное чувство незащищенности и приводит к дезинтеграции общности [Бабосов, 1995].

Таким образом, основными социально-структурными трансформациями общества, вызванными стихийными бедствиями, можно принять гибель людей, санитарные потери, изменение социально-психологического состояния социума, активизацию процессов социальной адаптации, в том числе вертикальной и горизонтальной мобильности, формирование конфликтных ситуаций, изменение уровня социальной солидарности, а также управление в кризисных условиях.

Результаты контент-анализа по выявлению социальных последствий катастрофических наводнений. Очевидно, что любое стихийное бедствие, в том числе катастрофическое наводнение, должно иметь определенный отклик в научной литературе, где приводится его анализ, позволяющий оценить и описать его, объяснить причины и дать прогноз возможности повторения аналогичного события. Все это способствует совершенствованию управленческих решений, а также созданию условий, позволяющих в дальнейшем минимизировать человеческие и материальные потери. Можно ожидать, что после некоторого всплеска интереса к конкретному событию число его упоминаний будет уменьшаться, а знания, которые были приобретены в результате его анализа, будут приобщены к общему корпусу знаний о соответствующем типе событий. Для понимания того, как долго длится интерес к конкретному катастрофическому наводнению и сколько требуется времени для осмысления его социальных последствий, был построен график количества публикаций о каждом событии по годам от его начала (рис. 1).

Как видно из рис. 1, существует следующая тенденция: непосредственно после случившегося работ мало, затем их число резко возрастает и остается высоким первые несколько лет. Далее происходит спад интереса к этому событию. Есть исключения из общего правила. Первое из них – это

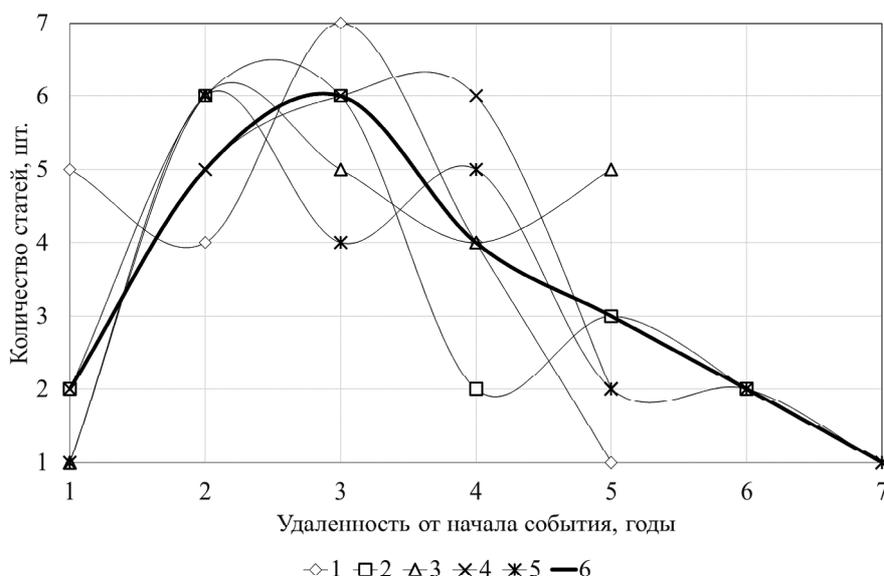


Рис. 1. Динамика публикаций научных статей, затрагивающих проблематику социальных последствий наводнений. 1 – Россия; 2 – Австралия; 3 – Таиланд; 4 – США; 5 – Пакистан; 6 – средние значения по пяти наводнениям

Fig 1. Publication dynamics of scientific articles dealing with social consequences of floods. 1 – Russia; 2 – Australia; 3 – Thailand; 4 – the USA; 5 – Pakistan; 6 – average values for five floods. X-axis – number of articles; Y-axis – time from the start of the event, years

наводнение в Крымске, которое вызвало широкий резонанс в России. Это подтверждается повышенным количеством научных статей в первый год после наводнения, а также наличием еще одного пика публикаций (самого сильного из пяти рассматриваемых) на третий год. Можно полагать, что в первый год были опубликованы оперативные данные, а впоследствии уже более глубокий анализ ситуации. Второе исключение – трагедии в Таиланде в 2011 г. В количестве публикаций, описывающих это событие, отмечены цикличность и пик на пятый год. Скорее всего, это связано с регулярностью катастрофических наводнений в регионе, наложенной на крупный масштаб рассматриваемого события.

Далее были рассмотрены частота обсуждаемости в научных публикациях основных структурно-функциональных трансформаций сообществ, которые подверглись катастрофическим наводнениям (рис. 2).

Общая обсуждаемость социальных последствий, по частоте которой можно оценить общий интерес к проблеме, оказалась следующей: Пакистан – 71; Таиланд – 66; Австралия – 65; США – 57; Россия – 42. Самыми рассматриваемыми проблемами были гибель людей, социальная солидарность и управленческие проблемы. Промежуточный интерес вызвали проблемы психологического состояния населения, горизонтальной и вертикальной мобильности. Наименее освещенными оказались вопросы социального конфликта и адаптации, а также санитарные потери.

Человеческие потери упоминаются почти в 65% статей, однако довольно редко указывается причина смерти. Еще раз обратим внимание, что с развитием инфраструктуры человеческие потери все чаще случаются не от прямого воздействия, а от

вторичных факторов (поражения электричеством, обрушения различных конструкций и т. д.).

Особый интерес вызывает изменение уровня социальной солидарности, который занимает второе место по частоте упоминаний. Наиболее обсуждаемы эти темы были в российском и австралийском случаях. Подавляющее большинство авторов описывает альтруистические действия, которые выражаются в виде пожертвований деньгами, одеждой или лекарствами, помощи со стороны волонтеров, общественных организаций, иностранных государств. В то же время в нескольких статьях присутствует информация о противоположной тенденции, а именно о разобщенности граждан и увеличении уровня дискриминации по полу, национальности и ориентации.

При рассмотрении реакции населения на действия властей в период стихийного бедствия было обнаружено следующее. Только в США управленческие решения в большинстве случаев воспринимались позитивно. Исключительно негативные аспекты указывались при описании наводнения в России и Пакистане. В Таиланде на фоне отрицательных оценок дважды отмечался такой позитивный фактор, как взаимодействие властей со СМИ, в австралийском случае присутствуют как позитивные, так и негативные оценки.

В каждом рассмотренном случае так или иначе затрагивается вопрос адаптации сообщества к новым условиям, сложившимся после наводнения. Однако в зависимости от географических и социальных условий пострадавшее население избирает разные стратегии адаптации. Это может быть связано также с длительностью, частотой и интенсивностью наводнений, развитостью экономики, а также с общей социально-политической обстановкой в

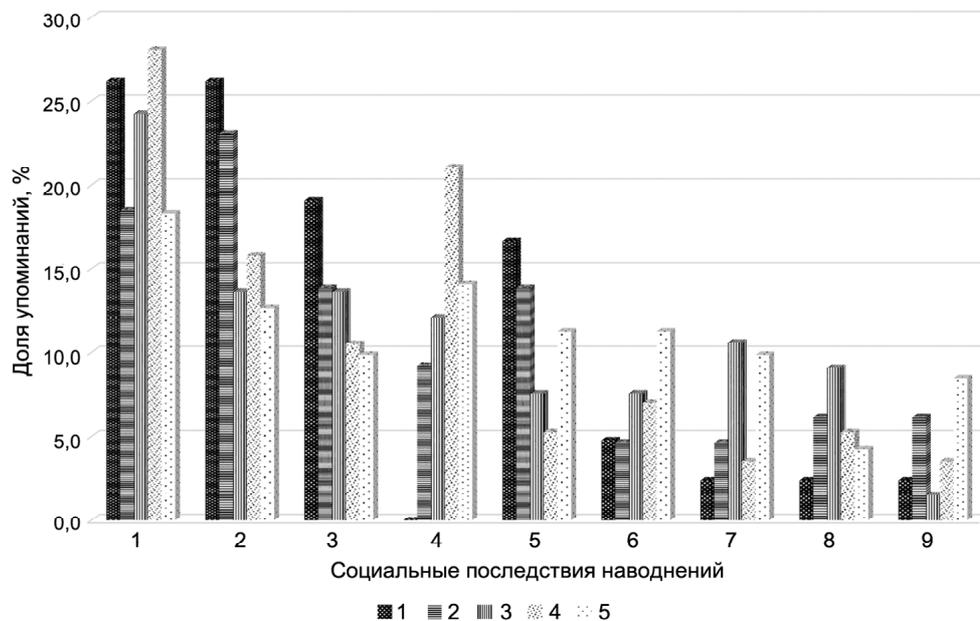


Рис. 2. Доля упоминаний социальных последствий в общем числе упоминаний. 1 – гибель индивида; 2 – социальная солидарность; 3 – управленческие проблемы; 4 – горизонтальная мобильность; 5 – психологическое состояние; 6 – вертикальная мобильность; 7 – социальный конфликт; 8 – социальная адаптация; 9 – санитарные потери. Цифры в легенде: 1 – Россия; 2 – Австралия; 3 – Таиланд; 4 – США; 5 – Пакистан

Fig. 2. Proportion of references to social consequences in the total number of references. 1 – death of an individual; 2 – social solidarity; 3 – management problems; 4 – horizontal mobility; 5 – psychological state; 6 – vertical mobility; 7 – social conflict; 8 – social adaptation; 9 – sanitary losses. Legend: 1 – Russia; 2 – Australia; 3 – Thailand; 4 – USA; 5 – Pakistan. X-axis – scope of references; Y-axis – social consequences of floods

стране. Так, при описании австралийского и американского наводнений чаще делается акцент на активную адаптацию, в то время как при рассмотрении пакистанского и тайского более распространены пассивная адаптация, а также адаптация–избегание (миграция). Следует отметить, что в двух последних случаях населению было крайне сложно адаптироваться к сложившимся условиям. Было выявлено, что в целом решение о переезде зависит не от уровня риска, которому подвергается человек, находясь на данной территории, а от его финансовых возможностей. К сожалению, в отечественных статьях отсутствует информация о распространении горизонтальной мобильности (миграции).

Проблема вертикальной мобильности находит свое отражение в научных публикациях как отечественных, так и зарубежных авторов. Полученные данные показывают, что в тех странах, где сообщества не обладают устойчивостью к наводнениям, потеря дома, работы или кормильца семьи приводит к понижению социального статуса. Так, при анализе пакистанского случая исследователю часто встречались фразы типа: «бедные стали еще беднее».

Во время наводнений учащаются случаи девиантного (отклоняющегося от нормы) поведения. Фиксируются ограбления домов пострадавших, кражи собранных для жертв предметов первой необходимости и обман со стороны финансовых преступников. Однако примечательно, что упоминаются и акты героизма. В целом, неравномерное распределение ресурсов для восстановления служит причи-

ной нарастания социальной напряженности между различными группами. В анализируемых публикациях присутствует информация о формировании конфликта по данному поводу между отдельными группами жертв, а также между пострадавшими лицами и властью. Наряду с данным фактором можно выделить следующие: существование личных интересов у лиц, принимающих управленческие решения, возложение ответственности на кого-либо за последствия наводнения, а также недовольство жертв действиями властей в период стихийного бедствия.

При неожиданно малом интересе к проблеме санитарных потерь, все же обсуждается учащение отравлений и рост числа лиц, зараженных кишечными инфекциями. Следует отметить, что чаще всего эта информация содержалась в научных публикациях, описывающих пакистанское наводнение, что напрямую связано с антисанитарными условиями, распространенными на этой территории.

В целом следует обратить внимание на наличие довольно большой вариабельности в общей направленности обсуждаемых тем для каждого из рассматриваемых случаев. Так, статьи о наводнении в штате Колорадо ориентированы на описание проблем, связанных с устойчивостью сообщества к стихийному бедствию, то есть на конкретные действия, которые предприняты пострадавшим населением и властями для предотвращения негативных последствий от возможных стихийных бедствий в будущем. В Пакистане частота упоминаний этих проблем стоит еще более остро, так как данное со-

общество отличают высокий уровень бедности, что вызывает интерес к изучению влияния наводнений на уязвимые слои населения. В России больше внимания обращено на гражданско-правовые аспекты события, нежели на социальные. При этом в России часто обсуждаемыми темами являются гибель людей (26,2%), изменение уровня социальной солидарности (26,2%), а также управленческие решения органов власти в кризисных условиях (19,1%). Схожие результаты выявлены при анализе тайского наводнения: 24,2%, 13,6% и 13,6% соответственно. В случае Пакистана соотношение обсуждаемых тем распределено равномерно, что можно объяснить обострением в результате наводнений большого количества социально-экономических проблем.

Выводы:

– в условиях все большего антропогенного изменения климата, увеличения плотности населения и развития инфраструктуры, нарастает вероятность катастрофических наводнений, которые влекут за собой не только человеческие и материальные потери, но и более широкие социальные последствия, выражающиеся в изменении структуры и функционирования местных сообществ;

– на примере анализа массива научных публикаций, посвященных пяти крупнейшим наводнениям последнего десятилетия, можно выделить основные темы, которые имеют отношение к социальным последствиям этих катастроф. Оказалось, что наряду с такими часто обсуждаемыми проблемами, как гибель людей, социальная солидарность и управленческие проблемы, исследователей начинают интересовать вопросы психологического состояния населения и его горизонтальная и вертикальная мобильность. К сожалению, мало рассматриваются вопросы социального конфликта и адаптации в целом, а также санитарные потери;

– в ряде публикаций появляется тенденция выделять, кроме негативных, также позитивные изменения в подвергшихся стихийному бедствию сообществах: активизацию процессов социальной адаптации, рост уровня социальной солидарности, совершенствование инструментов кризисного управления. В целом, круг обсуждаемых вопросов определяется спецификой самого наводнения, частотой и силой повторяемости аналогичных событий, социально-экономической развитостью региона и страны.

Благодарности. Эмпирические данные и их обработка осуществлены в рамках темы НИР Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, теоретическое обоснование и интерпретация результатов проведены по плану НИР кафедры социологии и культурологии факультета социальных и гуманитарных наук МГТУ им. Н.Э. Баумана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. 2002. Т. 72. № 12. P. 1–21.

Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Колтерманн П.К. и др. Наводнения на Черноморском побережье Краснодарского края // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 1. С. 3–17.

Бабосов Е.М. Катастрофы: социологический анализ. Минск: Наука і тэхніка, 1995. 472 с.

Бабурин В.Л., Горячко М.Д., Земцов С.П. и др. Оценка социально-экономических рисков и ущербов от опасных гидрологических явлений (на примере Славянского района Краснодарского края) // Геориск. 2015. № 3. С. 45–53.

Белл Э., Браймен А. Методы социальных исследований. Группы, организации и бизнес. Харьков: Изд-во Гуманитарный Центр, 2012. 776 с.

Бондарев В.П., Кирилюк О.В. Отражение экологической тематики в СМИ (на примере двух экологических катастроф) // Социология. 2013. № 4. С. 111–123.

Волосухин В.А., Щурский О.М. Наводнения на Кубани. Проблемы и задачи // Гидротехника: журнал. 2012. № 4. С. 6–9.

Грызунова Е.А. Сравнительный анализ современных социологических подходов к кризисам окружающей среды // Вестник МГИМО-Университета. 2012. № 5. С. 195–203.

Добровольский С.Г. Глобальная гидрология. М.: ГЕОС, 2017. 525 с.

Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. М.: ГЕОС, 2006. 256 с.

Зорина Т.А. Криминологическая характеристика и предупреждение преступлений, совершаемых в условиях природных бедствий и техногенных катастроф. М.: Изд-во научно-исследовательского ин-та истории, экономики и права, 2015. 130 с.

Пиге Э., Пеку А., де Гюктенер П. Миграция населения и изменение климата // География и природные ресурсы. 2013. № 2. С. 5–14.

Семенова А.В., Корсунская М.В. Контент-анализ СМИ: проблемы и опыт применения. М.: Институт социологии РАН, 2010. 324 с.

Стрельникова Ю.Ю., Хабибуллин К.Н. Биопсихосоциальный подход к оценке уровня изменений личности в зоне чрезвычайной ситуации // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2013. № 3. С. 129–134.

Экстремальные гидрологические ситуации / Отв. ред. Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова, И.С. Зайцева. М.: ООО «Медиа-ПРЕСС», 2010. 464 с.

Blöschl G., Hall J., Parajka J. et al. Changing Climate Shifts Timing of European Floods // Science. 2017. V. 357. № 6351. P. 588–590.

Box P., Bird D., Haynes K., King D. Shared responsibility and social vulnerability in the 2011 Brisbane flood // Natural Hazards. 2016. T. 81(3). P. 1549–1568.

Frolova N.L., Kireeva M.B., Magritckiy D.V. et al. Hydrological Hazards in Russia: Origin, Classification, Changes and Risk Assessment // Natural Hazards. 2017. V. 88. № 1. P. 103–131.

Hawdon J., Ryan J. Social relations that generate and sustain solidarity after a mass tragedy // Social forces. 2011. V. 89. № 4. P. 1363–1384.

Istomina M.N., Dobrovolski S.G. Floods of the world: quantitative analysis of nature characteristic and parameters of social-economic damages // Water Resources. 2016. V. 43. P. 459–471.

Kirsch T.D., Wadhvani C., Sauer L., Doocy S., Catlett C. Impact of the 2010 Pakistan Floods on Rural and Urban Populations

at Six Months // PLOS Currents Disasters. 2012. Aug 22. Ed. 1. DOI: 10.1371/4fdfb212d2432.

Kronstadt K.A., Sheikh P.A., Vaughn B. Flooding in Pakistan: Overview and issues for congress. DIANE Publishing. 2010. 29 p.

Quarantelli E., Dynes R.R. Community conflict: Its absence and its presence in natural disasters // Mass Emergencies. 1976. № 1. P. 139–156.

Электронные ресурсы:

Информационное агентство России ТАСС: Наводнения в России и ущерб от них [Электронный ресурс]: URL: <http://tass.ru/proisshestiya/662522> (дата обращения 30.03.2017).

О катастрофических дождях на черноморском побережье Краснодарского края – анализ ситуации [Электронный ресурс]: URL: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/5419-07072012-> (дата обращения 15.08.2018).

Почти 35 тысяч человек пострадали при наводнении на Кубани [Электронный ресурс]: URL: <https://ria.ru/incidents/20120709/695261699.html> (дата обращения 15.08.2018).

Australian Storms and Floods: White Paper. «A land ... of droughts and flooding rains» // A special report by Zurich risk engineering, Australia & New Zealand [Электронный ресурс]:

URL: https://www.zurich.com.au/content/dam/australia/general_insurance/risk_engineering/australian-storms-and-floods-white%20paper.pdf (дата обращения 15.08.2018).

Colorado flooding one month later: positive signs of recovery [Электронный ресурс]: URL: <https://www.fema.gov/news-release/2013/10/11/colorado-flooding-one-month-later-positive-signs-recovery> (дата обращения: 15.08.2018).

NatCatSERVICE. Natural catastrophe know-how for risk management and research [Электронный ресурс]: URL: <http://natcatservice.munichre.com/?filter=eyJ5ZWVWYRnJvbSI6MjAxNSwieWVhclRvIjoyMDE1fQ%3D%3D&type=1> (дата обращения 15.08.2018).

Natural Disasters 2011. Bangkok: Thai Meteorological Department [Электронный ресурс]: URL: <https://www.tmd.go.th/en/downloads.php> (дата обращения 15.08.2018).

ReliefWeb. Pakistan Floods: The deluge of disaster-facts & figures as of 15 September 2010 (report from Singapore Red Cross Society) [Электронный ресурс]: URL: <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floods-the-deluge-disaster-facts-figures-15-september-2010> (дата обращения 15.06.2018).

Поступила в редакцию 19.11.2018

После доработки 08.04.2019

Принята к публикации 24.05.2019

V.P. Bondarev¹, Yu.A. Bolkhovitinova²

SOCIAL CONSEQUENCES OF CATASTROPHIC FLOODS

Any catastrophic flooding leads to numerous social consequences. A content analysis of publications on five major events in different countries (Pakistan (2010); Thailand (2011); Australia (2011); Russia (2012); the USA (2013)) allowed identifying the degree of actualization of these consequences in scientific publications. It was shown that the most discussed social consequences were the human losses, social solidarity and management problems. The problems of psychological state of the population, horizontal and vertical mobility were of the intermediate interest. The problems of social conflict, adaptation, health losses were the least discussed. Social consequences could be negative (human and sanitary losses, deterioration of social and psychological state, etc.) and positive (activation of social adaptation processes, growth of social solidarity and improvement of crisis management tools of the community). The range of the problems is determined by specific features of a particular flood. For example, in the case of Krymsk flood (Russia, 2012), the most frequently discussed topics were the human losses (26,2%), changes in the level of social solidarity (26,2%), and management decisions of authorities in crisis situation (19,1%).

Key words: nature disaster, catastrophe, flood, crisis, population

Acknowledgements. Empirical data were collected and processed under the research theme of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes of the MSU Faculty of Geography; theoretical verification and interpretation of results were carried out under the research plan of the Department of Sociology and Culturology, Faculty of Social Sciences and Humanities of the Bauman Moscow State Technical University.

REFERENCES

Alekseevskii N.I., Magritskii D.V., Koltermann P.K. et al. Inundations on the Black Sea coast of Krasnodar Region // Water Resources. 2016. T. 43. № 1. С. 1–14.

Avakyan A.B., Istomina M.N. Navodneniya kak global'naya mnogoaspektnaya problema [Floods as a global multidimensional problem] // Vestnik RAN. 2002. V. 72. № 12. P. 1–21. P. 180–193. (In Russian)

Babosov E.M. Katastrofy: Sotsiologicheskii Analiz [Catastrophes: a Sociological Analysis]. Minsk: Navuka i tekhnika, 1995. 472 p. (In Russian)

Baburin V.L., Goryachko M.D., Zemtsov S.P. et al. Otsenka sotsial'no-ekonomicheskikh riskov i uscherbov ot opasnykh gidrologicheskikh yavleniy (na primere Slavyanskogo rayona Krasnodarskogo kraya) [Assessment of social and economic risks

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; Bauman Moscow State Technical University, Faculty of Social Sciences and Humanities, Department of Sociology and Culturology, Associate Professor; e-mail: valery_bondarev@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Sociology, Department of Sociology of Public Administration, Master's Student; e-mail: arza95@gmail.com

and damages from dangerous hydrological phenomena (case study of the Slavyansk district of the Krasnodar Krai) // *Georisk*. 2015. № 3. P. 45–53. (In Russian)

Bell E., Braymen A. Business Research Methods. Oxford University Press, 2003. 756 p.

Blöschl G., Hall J., Parajka J. et al. Changing Climate Shifts Timing of European Floods // *Science*. 2017. V. 357. № 6351. P. 588–590.

Bondarev V.P., Kirilyuk O.V. Otrazhenie ekologicheskoy tematiki v SMI (na primere dvukh ekologicheskikh katastrof) [Reflection of environmental issues in the media (case study of two ecological catastrophes)] // *Sotsiologiya*. 2013. № 4. P. 111–123. (In Russian)

Box P., Bird D., Haynes K., King D. Shared responsibility and social vulnerability in the 2011 Brisbane flood // *Natural Hazards*. 2016. T. 81(3). P. 1549–1568.

Dobrovolski S.G. Globalnaya gidrologiya [Global Hydrology]. M.: GEOS, 2017. 525 p. (In Russian)

Dobrovolski S.G., Istomina M.N. Navodneniya mira [Floods in the World]. M.: GEOS, 2006. 256 p. (In Russian)

Ekstremal'nye gidrologicheskie situatsii [Extreme Hydrological Situations] / *Otv. red. N.I. Koronkevich, E.A. Barabanova, I.S. Zaytseva*. M.: OOO «Media-PRESS», 2010. 464 p. (in Russian)

Frolova N.L., Kireeva M.B., Magritskiy D.V. et al. Hydrological Hazards in Russia: Origin, Classification, Changes and Risk Assessment // *Natural Hazards*. 2017. V. 88. № 1. P. 103–131.

Gryzunova E.A. Sravnitel'nyy analiz sovremennykh sotsiologicheskikh podkhodov k krizisam okruzhayushey sredy [Comparative analysis of modern sociological approaches to environmental crises] // *Vestnik MGIMO-Universiteta*. 2012. № 5. P. 195–203. (In Russian)

Hawdon J., Ryan J. Social relations that generate and sustain solidarity after a mass tragedy // *Social Forces*. 2011. V. 89. № 4. P. 1363–1384.

Istomina M.N., Dobrovolski S.G. Floods of the world: quantitative analysis of nature characteristic and parameters of social-economic damages // *Water Resources*. 2016. V. 43. P. 459–471.

Kirsch T.D., Wadhvani C., Sauer L., Doocy S., Catlett C. Impact of the 2010 Pakistan Floods on Rural and Urban Populations at Six Months // *PLOS Currents Disasters*. 2012. Aug 22. Ed. 1. DOI: 10.1371/4fdb212d2432.

Kronstadt K.A., Sheikh P.A., Vaughn B. Flooding in Pakistan: Overview and issues for congress. DIANE Publishing. 2010. 29 p.

Pige E., Peku A., de Gyuktener P. Migratsiya naseleniya i izmenenie klimata [Migration of population and climate change] // *Geografiya i Prirodnye Gesursy*. 2013. № 2. P. 5–14. (In Russian)

Quarantelli E., Dynes R.R. Community conflict: Its absence and its presence in natural disasters // *Mass Emergencies*. 1976. no 1. P. 139–156.

Semenova A.V., Korsunskaya M.V. Kontent-analiz SMI: problemy i opyt primeneniya [Content Analysis of Mass Media: Problems and Practices]. M.: Institut Sotsiologii RAN, 2010. 324 p. (In Russian)

Strel'nikova Yu.Yu., Habibullin K.N. Biopsihosotsial'nyy podhod k ocenke urovnya izmenenij lichnosti v zone chrezvychajnoj situatsii [Biopsychosocial approach to assessing the level of personality changes in the emergency zone] // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii*. 2013. № 3. P. 129–134. (in Russian)

Volosuhin V.A., Shchurski O.M. Navodneniya na Kubani. Problemy i zadachi [Floods in Kuban. Problems and challenges] // *Gidrotekhnika*. 2012. № 4. P. 6–9. (In Russian)

Zorina T.A. Kriminologicheskaya kharakteristika i preduprezhdenie prestupleniy, sovershaemykh v usloviyakh prirodnykh bedstviy i tekhnogennykh katastrof. [Criminological Characteristics and Prevention of Crimes Committed under Natural and Man-Made Disasters.] M.: Izd-vo nauchno-issledovatel'skogo in-ta istorii, ekonomiki i prava, 2015. 130 p. (In Russian)

Web-sources:

Australian Storms and Floods: White Paper. «A land ... of droughts and flooding rains» // A special report by Zurich risk engineering, Australia & New Zealand [Elektronnyj resurs]: URL: https://www.zurich.com.au/content/dam/australia/general_insurance/risk_engineering/australian-storms-and-floods-white%20paper.pdf (access date 15.08.2018).

Colorado flooding one month later: positive signs of recovery [Elektronnyj resurs]: URL: <https://www.fema.gov/news-release/2013/10/11/colorado-flooding-one-month-later-positive-signs-recovery> (access date 15.08.2018).

Informacionnoe agentstvo Rossii TASS: Navodneniya v Rossii i ushcherb ot nih [Russian News Agency TASS: Floods in Russia and damage from them] [Elektronnyj resurs]: URL: <http://tass.ru/proisshestiya/662522> (30.03.2017). (In Russian)

NatCatSERVICE. Natural catastrophe know-how for risk management and research [Elektronnyj resurs]: URL: <http://natcatservice.munichre.com/?filter=eyJ5JZWfYRnJvbSI6MjAxN191bWVhclRvIjoyMDE1fQ%3D%3D&type=1> (access date 15.08.2018).

Natural Disasters 2011. Bangkok: Thai Meteorological Department [Elektronnyj resurs]: URL: <https://www.tmd.go.th/en/downloads.php> (access date 15.08.2018).

O katastroficheskikh dozhdyah na chernomorskom access date poberezh'e Krasnodarskogo kraja – analiz situatsii [About catastrophic rains on the Black Sea coast of the Krasnodar Krai – situation analysis] [Elektronnyj resurs]: URL: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/5419-07072012-> (access date 15.08.2018). (In Russian)

Pochti 35 tysyach chelovek postradali pri navodnenii na Kubani [Nearly 35 thousand people affected by the flood in the Kuban] [Elektronnyj resurs]: URL: <https://ria.ru/incidents/20120709/695261699.html> (access date 15.08.2018). (In Russian)

ReliefWeb. Pakistan Floods: The deluge of disaster-facts & figures as of 15 September 2010 (report from Singapore Red Cross Society) [Elektronnyj resurs]: URL: <https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floodsthe-deluge-disaster-facts-figures-15-september-2010> (access date 15.06.2018).

Received 19.11.2018

Revised 08.04.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 551.464.33

И.Г. Шокурова¹, Е.В. Медведев², С.И. Кондратьев³

АППРОКСИМАЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОВОДОРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ

На основе данных измерений в Черном море, выполненных в 2010–2016 гг., анализируются варианты аппроксимации вертикального распределения концентрации сероводорода аналитической функцией с целью дальнейшего использования при расчете компонентов морской карбонатной системы, в частности для оценки гидросульфидной составляющей общей щелочности. Аппроксимация вертикального распределения концентрации сероводорода проводилась в его зависимости от различных представлений аномалии плотности – плотности σ_t , потенциальной плотности σ_θ и от плотности с учетом давления $\sigma_{s,t,p}$. Для аппроксимации профиля сероводорода в зависимости от σ_t и σ_θ использовалась экспоненциальная функция, от $\sigma_{s,t,p}$ – логистическая функция. В глубоководном слое моря выявлено неоднозначное соответствие между концентрацией сероводорода и величиной плотности σ_t за счет наличия инверсии в вертикальном профиле σ_t в придонном квазиоднородном слое. При представлении вертикального профиля сероводорода в шкале σ_t данная неоднозначность приводит к возрастанию ошибки аппроксимации и ошибки расчета гидросульфидной составляющей общей щелочности. Аппроксимации вертикального распределения концентрации сероводорода логистической функцией в шкале $\sigma_{s,t,p}$ и экспоненциальной функцией в шкале σ_θ имеют наименьшие ошибки и наиболее полно удовлетворяют необходимым параметрам точности расчета гидросульфидной щелочности.

Ключевые слова: карбонатная система, сероводород, плотность морской воды, потенциальная плотность, Черное море

Введение. Черное море, наряду со Средиземным, Мраморным и Азовским морями, является внутренним морем и относится к бассейну Атлантического океана. Но по своим гидрологическим и гидрохимическим характеристикам оно значительно отличается от других внутренних морей, соединенных с ним узкими проливами. Положительный пресный баланс (превышение стока рек и осадков над испарением) определяет стратификацию Черного моря, характеризующуюся высокими вертикальными градиентами плотности на глубинах 50–150 м и ослабленным перемешиванием между поверхностными и глубинными водами [Иванов с соавт., 2011]. Слабый вертикальный обмен ограничивает толщину кислородной зоны в пределах верхнего перемешанного слоя, ниже которого находится почти 2000-метровый анаэробный слой, содержащий сероводород [Еремеев с соавт., 2006; Volkov, 2007].

Сероводород в Черном море появляется на глубинах, соответствующих изопикническим поверхностям $\sigma_t = 16,1 - 16,2$ кг/м³ (в среднем это около 100 м), и его концентрация увеличивается с глубиной [Скопинцев, 1975; Безбородов с соавт., 1993; Еремеев с соавт., 2001; Еремеев с соавт., 2006]. Пространственное распределение сероводорода определяется химическими и микробиологическими процессами, связанными с его образованием и окислением [Скопинцев, 1975; Еремеев с соавт., 2001; Сорокин, 1982; Беляев с соавт., 1991]. Кроме того, его распределение на верхней границе сероводородной зоны значительно зависит от динамичес-

ких факторов, таких как горизонтальный и вертикальный перенос, перемешивание. В слое пикноклина (50–300 м), имеющего в Черном море куполообразную форму, пространственное распределение сероводорода повторяет распределение плотности. Поэтому вертикальные профили концентрации сероводорода, как и других химических характеристик, в Черном море в настоящее время принято рассматривать не в зависимости от глубины, а в зависимости от плотности [Виноградов и др., 1990; Tugrul et al., 1992; Murray et al., 1995; Еремеев с соавт., 2006].

Наличие сероводорода в море обуславливает учет дополнительных параметров при расчете компонентов морской карбонатной системы. Известно, что для расчета компонентов системы возможно использование двух любых измеряемых параметров, по которым с помощью математических преобразований восстанавливаются все остальные [Zeebe et al., 2001]. Исторически сложилось, что в качестве натуральных данных для расчета компонентов карбонатной системы в Черном море использовались водородный показатель pH и величина общей щелочности *Alk*, так как эти параметры измерялись в море на протяжении многих десятилетий [Медведев с соавт., 2012]. В свою очередь из общей щелочности для расчета карбонатной системы обычно используется только ее карбонатная составляющая. Однако для бассейнов, содержащих сероводород, необходимо учитывать некарбонатные составляющие общей щелочности [Маккавеев, 1995; Goyet et al., 1991; Hiscock et al., 2006], обращая

¹ Морской гидрофизический институт РАН, отдел океанографии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: igshokurova@mail.ru

² Морской гидрофизический институт РАН, отдел биогеохимии моря, мл. науч. с.; e-mail: eugene.medvedev1984@gmail.com

³ Морской гидрофизический институт РАН, отдел биогеохимии моря, ст. науч. с., канд. хим. н.; e-mail: skondratt@mail.ru

наибольшее внимание на гидросульфидную щелочность, обусловленную содержанием сульфид- и гидросульфид-анионов, S^{2-} и HS^- , которая может составлять до 6% от общей щелочности [Маккавеев, 1995]. Кроме того, согласно стехиометрическому уравнению анаэробного окисления органического вещества, по концентрации сероводорода и отношению градиента общей щелочности к градиенту концентрации сероводорода можно качественно судить о возможности существования дополнительных источников растворенного неорганического углерода [Маккавеев, 1995].

Гидросульфидную составляющую общей щелочности можно рассчитать на основе данных о содержании сероводорода [Millero, 2007]. Измерения Alk и pH в Черном море ранее не всегда сопровождалась измерениями концентраций сероводорода H_2S , и в этих случаях оценка величины карбонатной щелочности была весьма неточной. Для точной оценки вклада гидросульфидной щелочности необходимо восстановление отсутствующих значений концентраций сероводорода. Это возможно на основе расчета профиля сероводорода по численной модели [Беляев с соавт., 1991], но требует дополнительных расчетов динамических характеристик вод моря, что затрудняет ее применение. Другим подходом является восстановление недостающих профилей с помощью аналитической функции, полученной путем аппроксимации вертикального распределения концентрации сероводорода по данным натурных измерений. Подход, в котором проводится аппроксимация аналитическими функциями вертикальных профилей химических элементов достаточно широко используется в гео- и гидрохимических исследованиях [например: Matsuda et al., 2015; Martin et al., 1987].

Целью данной работы является аппроксимация профиля содержания сероводорода в зависимости

от плотности аналитической функцией, которая бы позволила восстановить отсутствующие в архивном массиве данных значения концентрации сероводорода для оценки величины гидросульфидной щелочности. Так как вклад гидросульфидной составляющей в общую щелочность составляет от 0,1% в верхней части анаэробной зоны до 6% в придонном слое, то точности аппроксимации профиля сероводорода в глубоководном слое уделялось особое внимание. В настоящее время вертикальное распределение сероводорода в Черном море в основном рассматривается в зависимости от аномалии плотности, вычисляемой при атмосферном давлении (σ_t), часто называемой условной плотностью. Но в глубоководном слое моря в профиле плотности σ_t присутствует инверсия и зависимость содержания сероводорода от σ_t оказывается неоднозначной. Поэтому также были проанализированы варианты построения и аппроксимации профиля сероводорода в зависимости от других представлений плотности – аномалии потенциальной плотности (σ_θ) и аномалии плотности с учетом эффекта давления ($\sigma_{s,t,p}$). Проведена оценка ошибки аппроксимации на стандартных горизонтах и оценка ошибки расчета гидросульфидной составляющей общей щелочности.

Материал и методы исследований. В работе был использован массив данных измерений температуры, солёности и концентрации сероводорода из банка данных ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН». Массив, полученный в ходе шести рейсов НИС «Профессор Водяницкий» с 2010 по 2016 г., включает 2713 измерений температуры и солёности, 1049 измерений концентрации сероводорода и 1708 измерений общей щелочности. Пространственное положение станций, на которых определялось содержание сероводорода, приведено на рис. 1, А.

Определение гидрологических характеристик (температуры, электропроводности и гидростати-

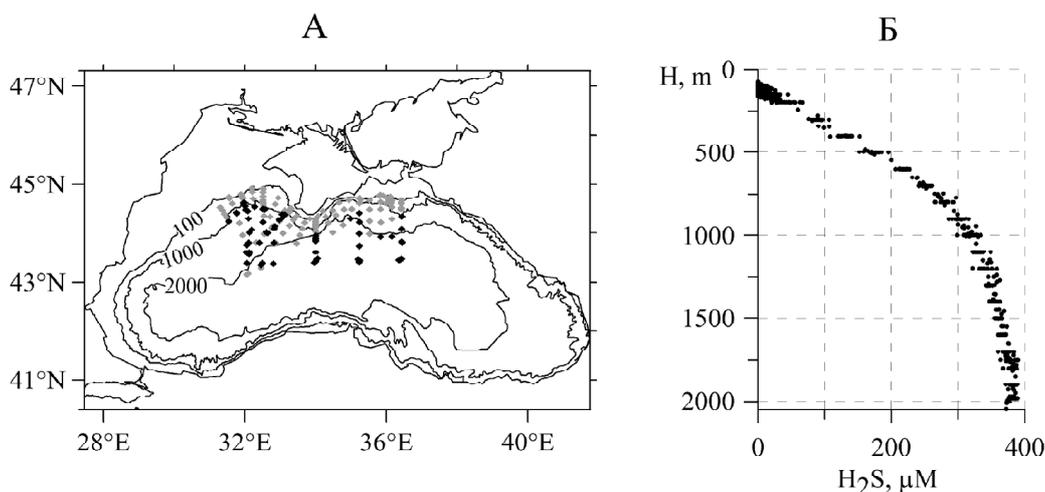


Рис. 1. Распределение станций по акватории моря (черным цветом выделены станции, содержащие измерения в глубоководном слое), изолинии соответствуют изобатам 100, 1000 и 2000 м – А; распределение содержания сероводорода H_2S в зависимости от глубины – Б

Fig. 1. Observation points in the sea area (measurements in the deep-water layer are marked in black), the isolines correspond to 100, 1000 and 2000 m isobaths – А; vertical distribution of hydrogen sulfide H_2S concentrations depending on the depth – Б

ческого давления) в ходе этих рейсов проводилось с помощью зондирующего комплекса «Sea-Bird 911 plus CTD», снабженного кассетой из 12 пластиковых батометров. Диапазон измерения температуры данного комплекса составляет от -5°C до $+35^{\circ}\text{C}$ с точностью измерений $0,002^{\circ}\text{C}$ и «типичной стабильностью» $0,0003^{\circ}\text{C}$. Электропроводимость измеряется в пределах от 0 до 7 См/м, точность измерения составляет $0,0003$ См/м, а «типичная стабильность» – $0,0002$ См/м.

Химико-аналитические определения содержания сероводорода и щелочности проводились по стандартным методикам, рекомендованным для использования при гидрохимических исследованиях океана [Методы ..., 1978]. Определение концентрации сероводорода проводилось иодометрическим методом с использованием при титровании полуавтоматической бюретки «Metrohm». Погрешность метода оценивается в ± 3 мкМ. Определение общей щелочности проводилось методом прямого титрования соляной кислотой с потенциометрическим окончанием. Погрешность метода составляет 0,2%.

Следует отметить, что все данные были получены с использованием одного оборудования и одним и тем же специалистом-аналитиком, что уменьшает разброс данных, обеспечивает достаточно «узкие» вертикальные профили концентрации сероводорода в различных шкалах и тем самым дает возможность для более точной аппроксимации его вертикального профиля. Качество данных также подтверждает линейная зависимость между величиной общей щелочности и концентрацией серово-

дорода с высокими коэффициентами корреляции [Кондратьев с соавт., 2017].

Аппроксимация вертикального распределения содержания сероводорода аналитическими функциями проводилась по всем измерениям 2010–2016 гг. По полученным формулам рассчитывались значения сероводорода в зависимости от аномалии плотности, вычисленной по измерениям температуры и солености. Затем полученные значения содержания сероводорода сравнивались с измеренными значениями. Для расчета плотности и потенциальной температуры использовались формулы из опубликованных источников [UNESCO ..., 1981; Гилл, 1983]. Для расчета гидросульфидной составляющей щелочности использовались формулы из статьи Ф. Миллеро [Millero, 2007]. Ошибки расчета содержания сероводорода и гидросульфидной щелочности сравнивались с допустимой точностью их натуральных измерений и среднеквадратическим отклонением по данным измерений.

Результаты исследований и их обсуждение.
Анализ вертикального распределения концентрации сероводорода. Вертикальное распределение содержания сероводорода в зависимости от глубины по всем измерениям, выполненным в 2010–2016 гг., приведено на рис. 1, Б. Содержание сероводорода почти линейно увеличивается до глубины 500 м, ниже его скорость роста замедляется. В придонном квазиоднородном слое, глубже 1750 м, концентрация сероводорода меняется с глубиной незначительно (табл.). Наиболее высокие значения сероводорода отмечаются у дна, начиная с горизонта

Средние значения температуры T , потенциальной температуры θ , солености S , условной плотности σ_t , потенциальной плотности σ_θ , плотности $\sigma_{s,TP}$, концентрации сероводорода H_2S и стандартное отклонение (SD) концентрации сероводорода на горизонтах по данным измерений 2010–2016 гг.

H, m	T , $^{\circ}\text{C}$	θ , $^{\circ}\text{C}$	S , psu	σ_t , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	σ_θ , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	$\sigma_{s,TP}$, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$	H_2S , μM	SD, μM
100	8,586	8,577	20,925	16,1738	16,1751	16,643	2,6	3,4
150	8,624	8,611	21,103	16,3083	16,3101	17,011	8,0	8,6
200	8,713	8,696	21,511	16,6155	16,6181	17,551	42,5	11,5
300	8,811	8,785	21,806	16,8331	16,8371	18,235	90,4	7,4
400	8,850	8,814	21,957	16,9464	16,9509	18,812	132,4	9,1
500	8,866	8,820	22,059	17,0236	17,0298	19,353	173,6	8,5
600	8,876	8,820	22,138	17,0846	17,0916	19,877	217,7	5,5
800	8,902	8,827	22,239	17,1595	17,1693	20,876	279,4	7,3
1000	8,935	8,839	22,290	17,1952	17,2076	21,831	318,1	6,1
1200	8,967	8,850	22,315	17,2099	17,2256	22,763	339,7	7,9
1400	8,997	8,858	22,236	17,2149	17,2333	23,682	355,1	4,3
1500	9,013	8,863	22,330	17,2159	17,2358	24,139	360,2	2,8
1600	9,027	8,866	22,333	17,2162	17,2376	24,594	366,3	4,1
1700	9,044	8,871	22,336	17,2164	17,2393	25,048	371,7	6,7
1800	9,060	8,876	22,338	17,2159	17,2404	25,501	382,1	5,5
1900	9,072	8,876	22,338	17,2144	17,2404	25,952	382,2	4,5
>1950	9,083	8,877	22,339	17,2143	17,2408	26,406	382,9	5,0

1800 м. Максимальное значение по данным 2010–2016 гг. составило 389,93 μM .

Перед анализом вертикального распределения концентрации сероводорода в зависимости от плотности рассмотрим вертикальное распределение плотности (кг/м^3) в Черном море в различных ее представлениях, используемых в океанологии – аномалии плотности $\sigma_t = \rho(S, T, 0) - 1000$, аномалии потенциальной плотности $\sigma_\theta = \rho_\theta(S, \theta, 0) - 1000$ и аномалии плотности с учетом эффекта давления $\sigma_{s,t,p} = \rho(S, T, p) - 1000$.

Известно, что плотность морской воды рассчитывают как с учетом сжимаемости воды, так и без учета [Гилл, 1986]. Плотность σ_t и потенциальная плотность σ_θ вычисляются при давлении на поверхности моря. Но при расчете плотности σ_t используется *in situ* температура T (непосредственно измеренная в море) (рис. 2, А), а при вычислении потенциальной плотности σ_θ используется потенциальная температура $\theta = \theta(S, T, p)$ (рис. 2, А), приведенная адиабатически к давлению на поверхности моря. Ниже поверхности моря рассчитанная потенциальная температура θ меньше измеренной температуры T (рис. 2, А), а потенциальная плотность σ_θ , вычисляемая по температуре θ , выше по сравнению с плотностью σ_t (рис. 2, В). Этот эффект незначителен в верхнем слое моря, но его значение увеличивается с глубиной.

Профили σ_t и σ_θ (рис. 2, В), как и профиль солености (рис. 2, Б), имеют высокие положительные градиенты в слое 50–300 м (пикноклин), которые далее с глубиной уменьшаются. Глубже горизонта 1000 м градиенты профилей σ_t и σ_θ малы и сами значения плотностей изменяются только во втором и третьем знаке (рис. 2, В, табл.).

При расчете плотности $\sigma_{s,t,p}$ используется *in situ* температура T , а сжимаемость морской воды учитывается непосредственно, с учетом давления. За

счет этого значения плотности $\sigma_{s,t,p}$ значительно превышают значения σ_t и σ_θ (рис. 2, В, табл.) Высокие положительные градиенты отмечаются до 300 м, а глубже 600 м плотность $\sigma_{s,t,p}$ почти линейно увеличивается с глубиной.

Различная зависимость трех обсуждаемых плотностей от глубины отражается и на особенностях вертикального распределения сероводорода в шкалах этих плотностей. Зависимость содержания сероводорода от плотности σ_t и потенциальной плотности σ_θ имеет вид экспоненты (рис. 2, Г). Профиль сероводорода от плотности с учетом давления $\sigma_{s,t,p}$ имеет вид s-образной кривой. Точка перегиба кривой расположена в слое 500–650 м, известном как стационарный квазитермический слой [Ivanov et al., 2001; Самодуров и др., 2002], характеризующийся слабым изменением потенциальной температуры по глубине в его пределах (табл.). Выше положения точки перегиба концентрация сероводорода быстро растет с увеличением глубины, глубже этого положения скорость роста уменьшается.

Особенности вертикального распределения концентрации сероводорода в глубоководном слое. Несмотря на схожесть профилей сероводорода $\text{H}_2\text{S}(\sigma_t)$ и $\text{H}_2\text{S}(\sigma_\theta)$ в масштабе всей глубины моря (рис. 2, Г), в глубоководном слое между ними появляются различия (рис. 3, А, Б). Ниже горизонта 1700 м в вертикальном распределении плотности σ_t присутствует инверсия (уменьшение σ_t с глубиной) (рис. 3, Г) вследствие постепенного роста *in situ* температуры T (рис. 3, Ж) на фоне слабого изменения солености S (рис. 3, К, табл.). Это сопровождается неоднозначной зависимостью содержания сероводорода от плотности σ_t в слое ниже 1300 м. Одному и тому же значению плотности могут соответствовать разные значения сероводорода (рис 3, А, табл.).

Построение профиля сероводорода в зависимости от потенциальной плотности σ_θ устраняет дан-

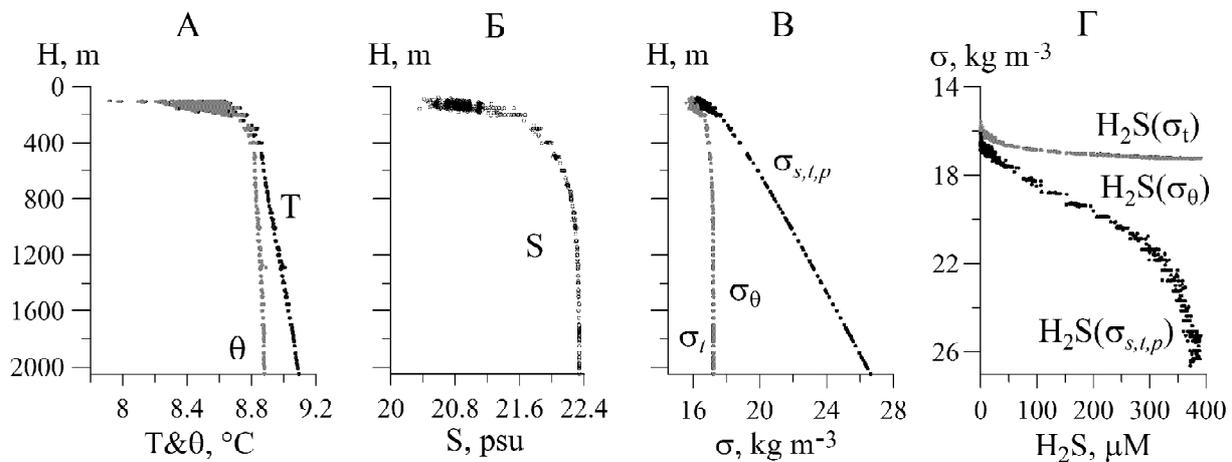


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры T и потенциальной температуры θ – А; солености S – Б; плотности σ_p , потенциальной плотности σ_θ и плотности $\sigma_{s,t,p}$ – В; концентрации сероводорода $\text{H}_2\text{S}(\sigma_t)$, $\text{H}_2\text{S}(\sigma_\theta)$, $\text{H}_2\text{S}(\sigma_{s,t,p})$ – Г; (θ , σ_θ , $\text{H}_2\text{S}(\sigma_\theta)$ – обозначены серым цветом)

Fig. 2. Vertical distribution of temperature T and potential temperature θ – А; salinity S – Б; density σ_p , potential density σ_θ and density $\sigma_{s,t,p}$ – В; concentrations of $\text{H}_2\text{S}(\sigma_t)$, $\text{H}_2\text{S}(\sigma_\theta)$, $\text{H}_2\text{S}(\sigma_{s,t,p})$ – Г; (θ , σ_θ , $\text{H}_2\text{S}(\sigma_\theta)$ indicated by gray color)

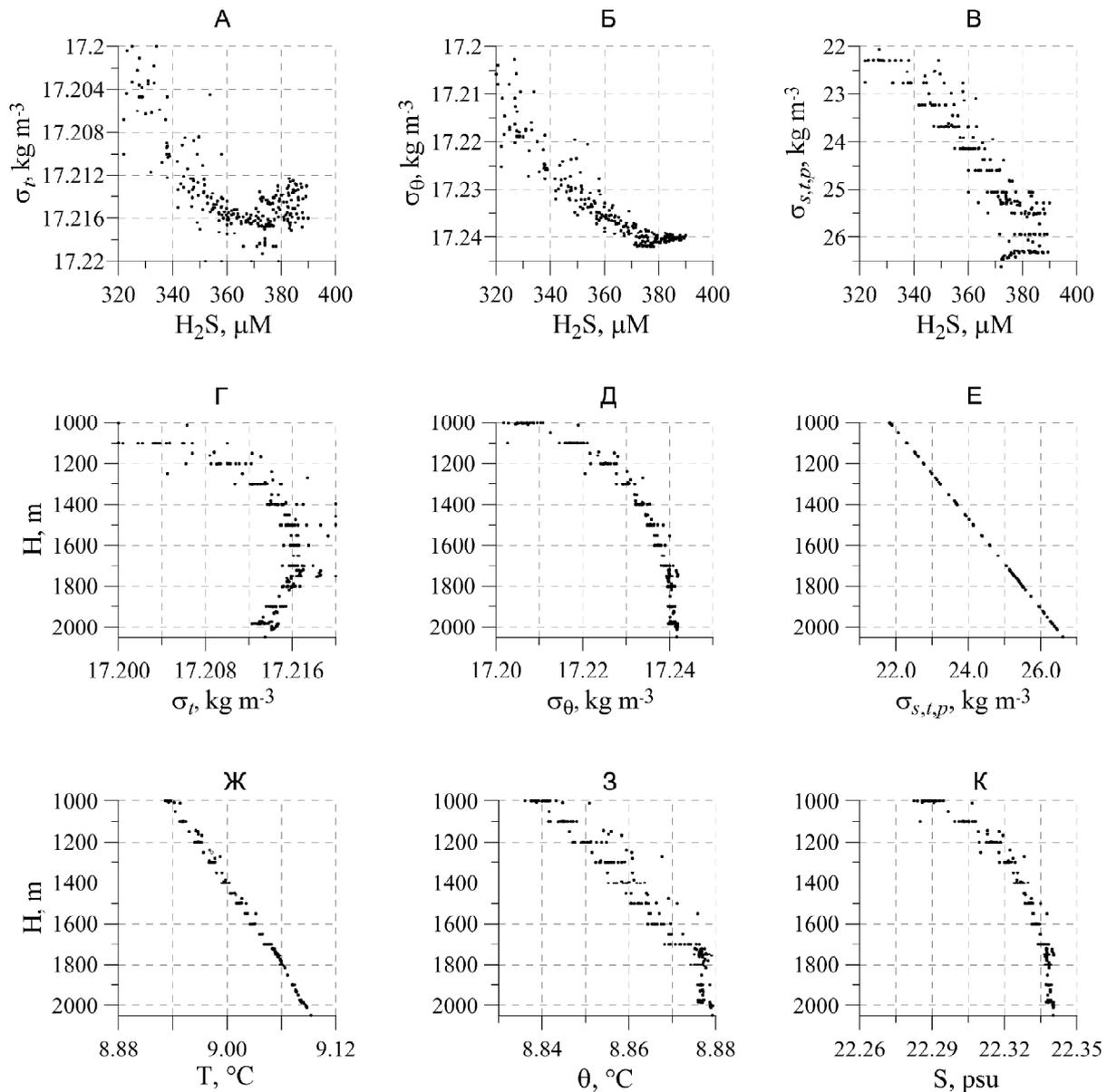


Рис. 3. Вертикальное распределение в глубоководном слое: концентрации сероводорода: $H_2S(\sigma_t)$ – А, $H_2S(\sigma_\theta)$ – Б, $H_2S(\sigma_{s,t,p})$ – В; плотности σ_t – Г, потенциальной плотности σ_θ – Д, плотности $\sigma_{s,t,p}$ – Е; температуры T – Ж, потенциальной температуры θ – З, солености S – К

Fig. 3. Vertical distribution in the deep-sea layer of: hydrogen sulfide concentration $H_2S(\sigma_t)$ – А, $H_2S(\sigma_\theta)$ – Б, $H_2S(\sigma_{s,t,p})$ – В; density σ_t – Г, potential density σ_θ – Д, density $\sigma_{s,t,p}$ – Е; temperature T – Ж, potential temperature θ – З; salinity S – К

ное несоответствие (рис. 3, Б). Как известно, придонный пограничный слой от 1700–1750 м и глубже в Черном море является квазиоднородным [Murray, 1991; Murray et al., 1991], что связано с наличием геотермальных потоков со дна моря [Ivanov et al., 2001]. Здесь отмечается слабое изменение с глубиной солености S (рис. 3, К) и потенциальной температуры θ (рис. 3, З), поэтому инверсия в профиле потенциальной плотности σ_θ отсутствует (рис. 3, Д).

В профиле концентрации сероводорода $H_2S(\sigma_{s,t,p})$ также нет неоднозначности (рис. 3, В) за счет отсутствия инверсии в профиле плотности $\sigma_{s,t,p}$ (рис. 3, Е). На глубоких горизонтах практически линейная за-

висимость плотности $\sigma_{s,t,p}$ от глубины (рис. 2, В) обуславливает такую же линейную зависимость концентрации сероводорода от $\sigma_{s,t,p}$ (рис. 1, Б; 2, Г). В придонном квазиоднородном слое изменения с глубиной концентрации сероводорода в шкале $\sigma_{s,t,p}$ (рис. 3, В), как и шкале глубины (рис. 1, Б) незначительные. Разброс значений на горизонтах связан с пространственно-временными особенностями проведения измерений.

Аппроксимация вертикального распределения содержания сероводорода аналитической функцией. Для аппроксимации профиля содержания сероводорода в зависимости от плотности σ_t и по-

тенциальной плотности σ_0 использовалась экспоненциальная функция вида

$$f_1(\sigma) = e^{(a \cdot \sigma + b)}, \quad (1)$$

где σ – значения плотности σ_i или σ_0 , a и b – переменные параметры.

При использовании стандартных автоматизированных процедур подбора аппроксимирующей кривой для массива измерений концентрации сероводорода в 2010–2016 гг. получены следующие значения параметров для функции (1): для $f_{11}(\sigma_i)$ в зависимости от плотности σ_i (рис. 4, А) $a = 3,632$, $b = -56,65$ и для $f_{12}(\sigma_0)$ в зависимости от потенциальной плотности σ_0 (рис. 4, Б) $a = 3,423$, $b = -53,11$.

Профиль содержания сероводорода в зависимости от плотности $\sigma_{s,t,p}$ имеет вид S -образной кривой. Поэтому для аппроксимации профиля использовалась функция, построенная на основе логистической функции (сигмоиды) в виде:

$$f_2(\sigma) = \frac{L}{1 + e^{-\frac{k}{\sigma^2}(\sigma - \sigma_0)}}, \quad (2)$$

где σ – значения плотности $\sigma_{s,t,p}$, L – задаваемое максимальное значение функции, к которому она стремится асимптотически, соответствующее максимальному значению концентрации сероводорода у дна, k/σ^2 – скорость роста функции f_2 , σ_0 – значение плотности, в котором функция имеет перегиб. При значениях $\sigma < \sigma_0$ происходит быстрый рост функции f_2 , при $\sigma > \sigma_0$ скорость роста функции f_2 снижается за счет смены знака в показателе экспоненты. Так как в слое моря с плотностью $\sigma > \sigma_0$ скорость убывания концентрации сероводорода оказалась ниже, чем описывается стандартной логистической функцией, то вместо значения скорости роста в виде переменной константы k была введена ее обратно пропорциональная зависимость от величины плотности в виде k/σ^2 . Параметры k и y_0 являются определяемыми.

Максимальное значение концентрации сероводорода на дне было задано $L = 400 \mu\text{M}$. Для переменных параметров функции (2) $f_2(\sigma_{s,t,p})$ (рис. 4, В) получены следующие значения: $k = 307,45$, $\sigma_0 = 19,677$. Значение плотности $\sigma_{s,t,p} = 19,677$ (kg/m^3), полученное автоматически для точки перегиба σ_0 , находится в пределах стационарного квазитермического слоя 500–650 м (табл.).

Ошибка аппроксимации профиля содержания сероводорода. Ошибка аппроксимации определялась в окрестности стандартных горизонтов, так как к ним, как правило, привязано большинство измерений. Ошибка определялась как среднее относительное отклонение рассчитанных значений сероводорода f_i от измеренных s_i в процентах:

$$E_f = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{s_i - f_i}{s_i} \right| \cdot 100\%, \quad (3)$$

где n – число измерений на горизонте.

В верхнем слое анаэробной зоны (на границе появления сероводорода, 100–150 м) получены высокие значения ошибки аппроксимации. Эти ошибки можно объяснить близостью минимального порога обнаружения и погрешности измерений, заложенных в методике определения сероводорода. Учитывая, что вклад гидросульфидной составляющей в общую щелочность в верхнем слое анаэробной зоны составляет менее 0,1%, эти ошибки не превышают погрешности метода определения общей щелочности.

С глубиной ошибки аппроксимации значительно уменьшаются. Но в деятельном слое моря они остаются высокими за счет высокой динамической активности вод и, как следствие, пространственной неоднородности данных, а также за счет межгодовой изменчивости содержания сероводорода. На 200 м ошибка составляет от 8% для функции $f_{12}(\sigma_0)$ до 16% для $f_2(\sigma_{s,t,p})$ (рис. 4, Г).

В слое от 500 м до дна ошибка E_{f_2} , полученная при расчете профиля концентрации сероводорода в

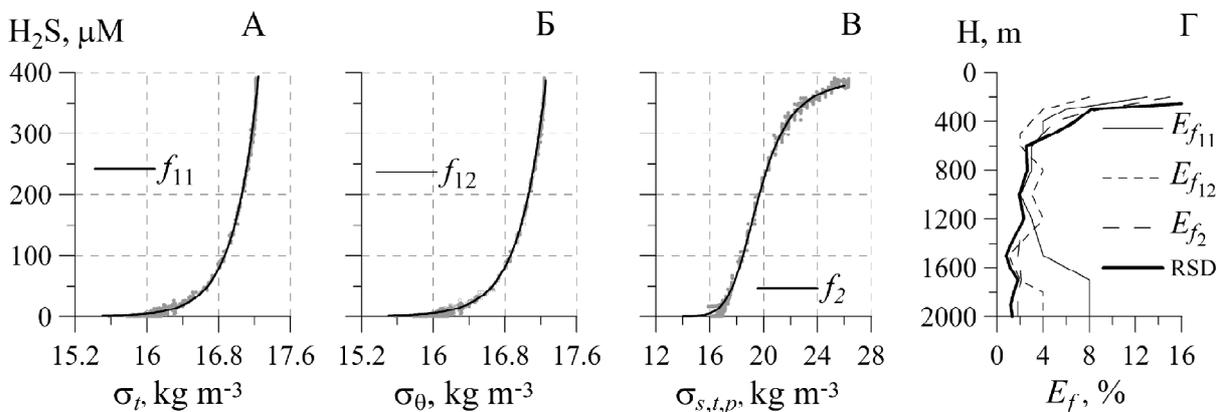


Рис. 4. Вертикальное распределение концентрации сероводорода $\text{H}_2\text{S}(\sigma_i)$ – А; $\text{H}_2\text{S}(\sigma_0)$ – Б; $\text{H}_2\text{S}(\sigma_{s,t,p})$ – В; и соответствующие им аппроксимирующие кривые; вертикальное распределение ошибок аппроксимации и относительного стандартного отклонения концентрации сероводорода (RSD) в процентах – Г

Fig. 4. Vertical distribution of hydrogen sulfide concentration $\text{H}_2\text{S}(\sigma_i)$ – А; $\text{H}_2\text{S}(\sigma_0)$ – Б; $\text{H}_2\text{S}(\sigma_{s,t,p})$ – В; with related fitting curves; vertical distribution of approximation errors and relative standard deviation (RSD) for hydrogen sulfide concentration (%) – Г

зависимости от плотности $\sigma_{s,t,p}$ с использованием логистической функции, в среднем составляет 2,3% (рис. 4, Г). Средняя ошибка $E_{f_{12}}$, полученная при расчете профиля сероводорода в шкале плотности σ_{θ} экспоненциальной функцией, составляет 3%. При расчете профиля сероводорода в зависимости от плотности σ_t экспоненциальной функцией, ошибка $E_{f_{11}}$ возрастает в придонном квазиоднородном слое до 8%. Это увеличение обусловлено неоднозначной зависимостью концентрации сероводорода от плотности s_p , связанной с ее инверсией в этом слое моря.

Ошибка аппроксимации вертикального распределения сероводорода сравнивалась с относительным стандартным отклонением RSD, вычисляемым как отношение стандартного отклонения SD (табл.) к среднему значению концентрации сероводорода на горизонтах в процентах (рис. 4, Г). Средние ошибки аппроксимации, полученные при аналитическом расчете профиля сероводорода в зависимости от плотности $\sigma_{s,t,p}$ и от потенциальной плотности σ_{θ} , находятся в пределах относительного стандартного отклонения или незначительно от него отличаются (рис. 4, Г). Для профиля сероводорода, в зависимости от плотности σ_p , ошибка на глубоководных горизонтах значительно превышает стандартное отклонение (рис. 4, Г).

Ошибка оценки гидросульфидной составляющей общей щелочности. Возможность использования предлагаемых функций при расчете компонентов карбонатной системы определяется тем, соответствуют ли они точности применяемых методов измерений и расчетов. Ошибка измерения общей щелочности составляет 0,2% от измеряемой величины.

Расчет гидросульфидной составляющей производится по формулам из статьи Ф. Миллеро [Milleo, 2007]. Вычисление ошибки расчета карбонатной щелочности выполнялось путем подставления в эти формулы абсолютной ошибки аппроксимации. Полученный результат сравнивался с величинами ошибок измерений общей щелочности (0,2% от значений по натурным данным).

Ошибки расчета гидросульфидной щелочности по значениям сероводорода, вычисленным по функ-

ции $f_{12}(\sigma_{\theta})$, незначительно превышают допустимую точность расчета общей щелочности и находятся в пределах стандартного отклонения ($\approx 0,6\%$ от средних значений щелочности на горизонтах). Ошибки при использовании $f_{11}(\sigma_t)$ превышают величину стандартного отклонения в придонном квазиоднородном слое моря.

При вычислении профиля сероводорода логистической функцией $f_2(\sigma_{s,t,p})$ в 85% случаев ошибка расчета гидросульфидной щелочности не превышает допустимую точность определения общей щелочности. Значения, превышающие допустимую точность, относятся к границе появления сероводорода (100–150 м). При этом эти значения находятся в пределах стандартного отклонения содержания общей щелочности.

Выводы. При решении задачи аппроксимации профиля сероводорода в Черном море для расчета гидросульфидной составляющей карбонатной системы получены следующие основные выводы:

- в глубоководном слое 1300–2000 м выявлено неоднозначное соответствие концентраций сероводорода величине аномалии плотности σ_t за счет наличия инверсии в вертикальном профиле σ_t в пределах придонного квазиоднородного слоя (1700–2000 м). При использовании экспоненциальной функции с линейным показателем для аппроксимации вертикального распределения концентрации сероводорода в шкале σ_t данная неоднозначность приводит к возрастанию ошибки аппроксимации и сопровождается увеличением ошибки расчета гидросульфидной составляющей общей щелочности в этом слое моря;

- наименьшие ошибки аппроксимации содержания сероводорода получены для аналитического представления профиля сероводорода в виде логистической функции в шкале плотности с учетом давления $\sigma_{s,t,p}$ и экспоненциальной функции в шкале потенциальной плотности σ_{θ} . Эти же аппроксимации наиболее полно удовлетворяют необходимым параметрам точности расчета гидросульфидной составляющей общей щелочности. Аппроксимация вертикального профиля концентрации сероводорода логистической функцией имеет наименьшие ошибки в глубоководном слое моря.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0827-2018-0003. Авторы выражают благодарность канд. техн. н. Моисеенко О.Г. за ценные рекомендации, предложенные при выполнении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Безбородов А.А., Еремеев В.Н. Черное море. Зона взаимодействия аэробных и анаэробных вод // Севастополь: МГИ АНУ, 1993. 299 с.

Беляев В.И., Совга Е.Е. Математическая модель экосистемы сероводородной зоны Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 1991. № 6. С. 42–54.

Виноградов М.Е., Налбандов Ю.Р. Влияние изменений плотности воды на распределение физических, химических и биологических характеристик экосистемы пелагиали Черного моря // Океанология. 1990. Т. 30. № 5. С. 769–777.

Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М.: Мир, 1986. Т. 1. 396 с.; Т. 2. 415 с.

- Еремеев В.Н., Иванов Л.И., Коновалов С.К., Самодуров А.С. Роль потоков кислорода, сульфидов, нитратов и аммония в формировании гидрохимической структуры основного пикноклина и анаэробной зоны Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2001. № 1. С. 64–82.
- Еремеев В.Н., Коновалов С.К. К вопросу о формировании бюджета и закономерностях распределения кислорода и сероводорода в водах Черного моря // Морской экологический журнал. 2006. № 3. С. 5–30.
- Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря // Севастополь: МГИ НАН Украины, 2011. 212 с.
- Кондратьев С.И., Медведев Е.В., Коновалов С.К. Величины общей щелочности и pH в водах Черного моря в 2010–2011 годах // Морской гидрофизический журнал. 2017. № 4. С. 36–47.
- Маккаев П.Н. Растворенный неорганический углерод и общая щелочность в анаэробных водах Черного моря // Океанология. 1995. Т. 35. № 4. С. 537–543.
- Медведев Е.В., Моисеенко О.Г., Ингерев А.В. Структура и оценка качества экспедиционных данных pH и общей щелочности вод Черного и Азовского морей, полученных в период с 1920-х по 1990-е гг. // Материалы VII международной конференции «Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона». Керчь, 20–23 июня 2012 г. Керчь: ЮгНИРО, 2012. Т. 1. С. 167–170.
- Методы гидрохимических исследований океана / Под ред. О.К. Бордовского, В.Н. Иваненкова. М.: Наука, 1978. 271 с.
- Самодуров А.С., Иванов Л.И. Балансовая модель для расчета средних вертикальных потоков жидкости, тепла, соли и растворенных химических веществ в термохаликлин Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2002. № 1. С. 7–24.
- Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 336 с.
- Сорокин Ю.И. Черное море: Природа, ресурсы. М.: Наука, 1982. 217 с.
- Goyet C., Bradshaw A.L., Brewer P.G. The carbonate system in the Black Sea // Deep-Sea Res. Part A. Oceanographic Research Papers. 1991. V. 38. № 2. P. 1049–1068. Doi:10.1016/S0198-0149(10)80023-8
- Hiscock W., Millero F. Alkalinity of the anoxic waters in the western Black Sea // Deep-Sea Research. 2006. V. 53. № 2. P. 1787–1801.
- Ivanov L.I., Samodurov A.S. The role of lateral fluxes in ventilation of the Black Sea // Journal of Marine Systems. 2001. V. 31. № 1–3. P. 159–174.
- Martin J.H., Knauer G.A., Karl D.M., Broenkow W.W. VERTEX: carbon cycling in the north-east Pacific // Deep Sea Research. Part A. Oceanographic Research Papers. 1987. V. 34. № 2. P. 267–285.
- Matsuda N., Mikami S., Shimoura S. et al. Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan // Journal of Environmental Radioactivity. 2015. V. 139. P. 427–434.
- Millero F.J. The Marine Inorganic Carbon Cycle // Chem. Rev. 2007. V. 107. № 2. P. 308–341.
- Murray J.M., Codispoti L.A., Freiderich G.E. Oxidation–reduction environments: the suboxic zone in the Black Sea // Huang C.P., O'Melia C.R., Morgan J.J. (eds.). Aquatic Chemistry, ACS Advances in Chemistry Series. 1995. V. 244. P. 157–176.
- Murray J.W. Black Sea oceanography: Results from the 1988 Black Sea expedition // Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1991. V. 38. P. S655–S662.
- Murray J.W., Top Z., Özsoy E. Hydrographic properties and ventilation of the Black Sea // Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers. 1991. V. 38. P. S663–S689.
- Tugrul S., Basturk Ö., Saydam C., Yılmaz A. Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from water density profiles // Nature. 1992. V. 359. P. 137–139.
- UNESCO I. Tenth report of the joint panel on oceanographic tables and standards // UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci. 1981. V. 36. P. 15–19.
- Volkov I.I., Neretin L.N. Hydrogen sulfide in the Black Sea // The Black Sea Environment. Berlin; Heidelberg: Springer, 2007. P. 309–331.
- Zeebe R.E., Wolf-Gladrow D. CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. V. 65. 360 p.

I.G. Shokurova¹, E.V. Medvedev², S.I. Kondratyev³

APPROXIMATION OF HYDROGEN SULFIDE VERTICAL DISTRIBUTION IN THE BLACK SEA

Basing on 2010–2016 measurements in the Black Sea possible approximations of the vertical distribution of hydrogen sulfide concentrations by an analytic function are analyzed for further use in the calculation of the components of marine carbonate system, in particular for the estimation of the hydrosulfide component of total alkalinity. Approximation of the hydrogen sulfide profile was carried out with the account of its dependence on various density anomaly representations – sigma-t density (σ_t), sigma-theta or potential density (σ_θ) and sigma density ($\sigma_{s,t,p}$). An exponential function is used to approximate the hydrogen sulfide profile as a function of density σ_t and density σ_θ . A logistic function is used when the hydrogen sulfide profile was represented as a function of density $\sigma_{s,t,p}$. In the deep-sea layer, an ambiguous correspondence between the concentration of hydrogen sulfide and the value of sigma-t density was revealed because of the inversion in s_t vertical profile in the near-bottom quasi-homogeneous layer. This ambiguity results in higher approximation errors and errors in the calculation of hydrosulfide component of total alkalinity. Approximations of the vertical distribution of hydrogen sulfide concentration as a function

¹ Marine Hydrophysical Institute of RAS, Oceanography Department, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: igshokurova@mail.ru

² Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sea Biogeochemistry Department, Junior Scientific Researcher; e-mail: eugene.medvedev1984@gmail.com

³ Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sea Biogeochemistry Department, Senior Scientific Researcher, PhD. in Chemistry; e-mail: skondratt@mail.ru

of density $\sigma_{s,t,p}$ using the logistic curve and as a function of density σ_0 using the exponential curve have the smallest errors, and to the fullest extent possible satisfy the required accuracy for the calculation of hydrosulfide component of total alkalinity.

Key words: carbonate system, hydrogen sulfite, sea water density, potential density, the Black Sea

Acknowledgements. The study was carried out under the state assignment (research theme 0827-2018-0003). The authors highly appreciate valuable recommendations of O.G. Moiseenko, PhD. in Technical Sciences, suggested during the research process.

REFERENCES

- Belyaev V.I., Sovga E.E.* Mathematical model for the ecosystem of the Black Sea hydrogen sulphide zone // *Soviet Journal of Physical Oceanography*. 1992. V. 3. № 6. P. 455–470.
- Bezborodov A.A., Ereemeev V.N.* Chernoe more. Zona vzaimodejstviya ajerobnyh i anajerobnyh vod [The Black Sea. Zone of interaction of aerobic and anaerobic waters]. Sevastopol: MGI ANU, 1993. 299 p. (In Russian)
- Ereemeev V.N., Ivanov L.I., Kononov S.K., Samodurov A.S.* Rol' potokov kisloroda, sul'fidov, nitratov i ammoniya v formirovanii gidrohimičeskoj struktury osnovnogo piknoklina i anajerobnoj zony Chernogo morya [The role of oxygen, sulfide, nitrate and ammonium fluxes in the formation of hydrochemical structure of the main pycnocline and anaerobic zone of the Black Sea] // *Morskoy Gidrofizičeskij Zhurnal*. 2001. № 1. P. 64–82. (In Russian)
- Ereemeev V.N., Kononov S.K.* K voprosu o formirovanii bjudzhetu i zakonmernostjah raspredelenija kisloroda i serovodoroda v vodah Chernogo morya [To the formation of the budget and the distribution regularities of oxygen and hydrogen sulfide in the Black Sea water] // *Morskoy E'kologičeskij Zhurnal*. 2006. № 3. P. 5–30. (In Russian)
- Gill A.* Dinamika atmosfery i okeana [Atmosphere–Ocean Dynamics]. Moscow: Mir, 1986. V. 1. 396 p.; V. 2. 415 p. (In Russian)
- Goyet C., Bradshaw A.L., Brewer P.G.* The carbonate system in the Black Sea // *Deep-Sea Res. Part A. Oceanographic Research Papers*. 1991. V. 38. № 2. P. S1049–S1068. doi:10.1016/S0198-0149(10)80023-8
- Hiscock W., Millero F.* Alkalinity of the anoxic waters in the western Black Sea // *Deep-Sea Research*. 2006. V. 53. № 2. P. 1787–1801.
- Ivanov L.I., Samodurov A.S.* The role of lateral fluxes in ventilation of the Black Sea // *Journal of Marine Systems*. 2001. V. 31. № 1–3. P. 159–174.
- Ivanov V.A., Belokopytov V.N.* Okeanografiya Chernogo morya [Oceanography of the Black Sea] // Sevastopol: MGI NAN Ukrainy, 2011. 212 p.
- Kondratev S.I., Medvedev E.V., Kononov S.K.* Total Alkalinity and pH in the Black Sea Waters in 2010–2011 // *Physical Oceanography*. 2017. № 4. P. 35–45.
- Makkaveev P.N.* Dissolved inorganic carbon and total alkalinity in anoxic waters of the Black Sea // *Oceanology*. 1995. V. 35. № 4. P. 494–499.
- Martin J.H., Knauer G.A., Karl D.M., Broenkow W.W.* VERTEX: carbon cycling in the northeast Pacific // *Deep Sea Research. Part A. Oceanographic Research Papers*. 1987. V. 34. № 2. P. 267–285.
- Matsuda N., Mikami S., Shimoura S. et al.* Depth profiles of radioactive cesium in soil using a scraper plate over a wide area surrounding the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Japan // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2015. V. 139. P. 427–434.
- Medvedev E.V., Moiseenko O.G., Ingerov A.V.* Struktura i ocenka kachestva jekspedicionnyh dannyh pH i obshhej shhelochnosti vod Chernogo i Azovskogo morej, poluchennyh v period s 1920-h po 1990-e gg [The structure and quality assessment of pH and total alkalinity data for the Black and Azov seas waters, obtained during 1920s–1990s expeditions] // *Materialy VII mezhdunarodnoj konferencii «Sovremennye rybohozjajstvennye i jekologičeskie problem Azovo-Chernomorskogo regiona»*. Kerch: JugNIRO, 2012. V. 1. P. 167–170. (In Russian)
- Metody gidrohimičeskich issledovanij okeana [Methods of hydrochemical ocean studies]*. O.K. Bordovskiy, V.N. Ivanenkov (eds.). Moscow: Nauka, 1978. 272 p. (In Russian)
- Millero F.J.* The Marine Inorganic Carbon Cycle // *Chem. Rev.* 2007. V. 107. № 2. P. 308–341.
- Murray J.M., Codispoti L.A., Freiderich G.E.* Oxidation–reduction environments: the suboxic zone in the Black Sea // Huang C.P., O'Melia C.R., Morgan J.J. (eds.). *Aquatic Chemistry, ACS Advances in Chemistry Series*. 1995. V. 244. P. 157–176.
- Murray J.W.* Black Sea oceanography: Results from the 1988 Black Sea expedition // *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*. 1991. V. 38. P. S655–S662.
- Murray J.W., Top Z., Özsoy E.* Hydrographic properties and ventilation of the Black Sea // *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*. 1991. V. 38. P. S663–S689.
- Samodurov A.S., Ivanov L.I.* Balansovaja model' dlja rasčeta srednih vertikal'nyh potokov zhidkosti, tepla, soli i rastvorennyh himičeskih veshhestv v termohalokline Chernogo morja [A balance model for calculating average vertical fluxes of liquid, heat, salt and dissolved chemicals in the thermohalocline of the Black Sea] // *Morskoy Gidrofizičeskij Zhurnal*. 2002. № 1. P. 7–24. (In Russian)
- Skopinčev B.A.* Formirovanie sovremennogo himičeskogo sostava vod Chernogo morja [Formation of the actual chemical composition of the Black Sea waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975. 336 p. (In Russian)
- Sorokin Ju.I.* Chernoe more: Priroda, resursy [The Black Sea: nature, resources]. Moscow: Nauka, 1982. 217 p. (In Russian)
- Tugrul S., Basturk Ö., Saydam C., Yılmaz A.* Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from water density profiles // *Nature*. 1992. V. 359. P. 137–139.
- UNESCO I. Tenth report of the joint panel on oceanographic tables and standards // *UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci.* 1981. V. 36. P. 15–19.
- Vinogradov M.E., Nalbandov Ju.R.* Vlianie izmenenij plotnosti vody na raspredelenie fizičeskih, himičeskih i biologičeskih harakteristik jekosistemy pelagiali Chernogo morya [Influence of water density changes on the distribution of physical, chemical and biological characteristics of the pelagic ecosystem of the Black Sea] // *Oceanologiya*. 1990. V. 30 № 5. P. 769–777. (In Russian)
- Volkov I.I., Neretin L.N.* Hydrogen sulfide in the Black Sea // *The Black Sea Environment*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2007. P. 309–331.
- Zeebe R.E., Wolf-Gladrow D.* CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. V. 65. 360 p.

Received 26.06.2018

Revised 15.03.2019

Accepted 24.05.2019

МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.435.162

Д.А. Безухов¹, А.Л. Энтин²**ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМОИННОЙ СЕТИ В ПРЕДЕЛАХ РАСПАХИВАЕМЫХ МЕЖДУРЕЧИЙ**

Работа посвящена прогнозированию развития линейных эрозионных форм на распаханых склонах междуречий центральной части Русской равнины. По топографическим картам 1988 г. (масштаб 1:10 000) построены цифровые модели двух ключевых участков в бассейнах рек Медведица (Саратовская область) и Водуга (Воронежская область), а также выделены тальвеги ложбин, существовавшие на тот момент. На основе этой информации для ключевых участков рассчитан ряд морфометрических характеристик и проведена морфометрическая классификация рельефа. По выделенным классам с применением теоремы Байеса рассчитана вероятность развития промоин в ложбинной сети. Значения вероятности менее 10% считаются фоновыми, значения 10–20% соответствуют потенциальным участкам развития эрозии, значения вероятности более 30% соответствуют исходным тальвегам ложбин. Применимость данного метода ограничивается геоморфологическим строением изучаемой территории: чем выше густота горизонтального расчленения, тем ниже прогностическая способность. Установлено, что, судя по расположению тальвегов в 1988 г. и в конце 2010-х годов, линейная эрозия за последние 30 лет существенно не активизировалась.

Ключевые слова: эрозионная сеть, ложбины, промоины, рельеф междуречий, малые эрозионные формы, морфометрический анализ, вероятностный метод, Русская равнина

Введение. Линейные эрозионные формы – овраги и промоины – являются одними из самых динамично развивающихся форм флювиального рельефа в пределах равнин умеренного пояса в современных климатических условиях. В условиях равнинного рельефа скорость роста оврагов может достигать нескольких десятков, а иногда и сотен метров в год [Рысин, 1998], а промоинная сеть, преимущественно формирующаяся на пашне в днищах склоновых ложбин, может способствовать потерям почвы, достигающим десятков тонн с гектара за одно эрозионное событие [Голосов с соавт., 1996]. Расширение территории, занятой сетью оврагов, ведет к снижению площадей пашни, формирование промоин способствует резкому сокращению плодородия почв, а в случаях их переуглубления – формированию оврагов [Ковалев, 2011; Голосов с соавт., 1996]. Поэтому определение закономерностей развития линейных форм эрозии, количественная оценка их распространения и прогноз развития являются весьма актуальными научными проблемами.

Одними из относительно малоизученных с количественной точки зрения форм рельефа являются ложбины распахиваемых междуречий южного мегасклона Русской равнины – линейно вытянутые понижения с пологими склонами глубиной несколько метров. По своему происхождению они преимущественно являются плейстоценовыми реликтовыми флювиальными формами рельефа [Еременко,

Панин, 2011]. Ложбины служат каналами стока дождевых и талых вод, а также путями транспортировки наносов.

Главной особенностью современного развития ложбин распахиваемых междуречий выбранного региона является активное образование в их днищах промоин, известных в англоязычной литературе под термином «ephemeral gully» (временный овраг, то есть овраг, который можно запахать). Они закладываются по днищам распахиваемых ложбин благодаря концентрации поверхностного стока воды, возникающего в процессе выпадения стокоформирующих ливней или в период весеннего снеготаяния. Согласно проведенным исследованиям [Roesen, Nooke, 1997], количество материала, выносимого за счет формирования подобных крупных промоин, может достигать 44–80% от суммарных потерь почвы с участка пашни. Например, длительные мониторинговые наблюдения за стоком воды и наносов, проводившиеся на склоновых водосборах в бассейне р. Протвы, позволили установить, что среднемноголетний смыв почвы с ложбинных водосборов в период снеготаяния составил 2,9 т/га в год, тогда как смыв почвы с остальных склонов и склоновых водосборов – всего 0,39 т/га в год [Литвин с соавт., 1998]. Поэтому важно количественно оценить процесс развития промоин в ложбинной сети для принятия противоэрозионных мер и корректировки земледользования на обрабатываемых землях.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, аспирант; *e-mail:* goldplacer@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, аспирант; *e-mail:* andrei.entin.worknstudy@gmail.com

Развитие ложбин зависит от набора природно-антропогенных факторов, среди которых важную роль играют характеристики рельефа водосбора ложбины и параметры самой ложбины, густота ложбинной сети на пашне, противоэрозионная устойчивость почв, метеорологические условия формирования поверхностного стока при выпадении ливней или талом стоке, проективное покрытие почвы посевами. Тем не менее, в пределах распаханых территорий малых склоновых водосборов определяющим фактором развития промоинной сети в ложбинах является рельеф склонов междуречий, который определяет граничные возможности развития промоинной сети и характер формирования стока воды на распахиваемых склонах.

Существуют методы, позволяющие исследователю оценить риск развития эрозионных процессов в различных масштабах, определяя статистические отношения между набором неких переменных и пространственным распределением форм рельефа, связанных с процессами водной эрозии. Эти методы, в отличие от физических моделей, не дают в качестве конечного результата объем или массу выносимого материала, однако позволяют оценить пространственную вероятность возникновения эрозионных форм рельефа [Conoscenti et al., 2013].

Целью данной работы является разработка подхода к определению участков с максимальной вероятностью развития промоинной сети на основе крупномасштабных данных о рельефе. Изучались два ключевых участка. Задачами исследования были построение карт вероятности развития промоин, сравнение и сопоставление полученных карт с данными дистанционного зондирования. Поэтому работа разделялась на следующие этапы: построение цифровой модели рельефа (ЦМР), вычисление основных морфометрических показателей, переклассификация параметров рельефа, построение тальвегов ложбин, сопоставление классов переклассифицированного рельефа с расположением тальвегов – получение карты вероятности развития эрозионных процессов, сравнение полученных результатов для ключевых участков и верификация использованной методики.

Объекты исследования. В качестве ключевых были выбраны участки с различными природными условиями, в частности, с различиями в строении рельефа междуречий, а также с максимальным количеством ложбинных водосборов, целиком попадающих в лист топографической карты масштаба 1:10 000 и находящихся в границах пашни.

Участок «Медведица» находится в Аткарском районе Саратовской области на высоких приводо-раздельных пространствах Приволжской возвышенности (до 300 м над ур. м.), сложенных палеогеновыми песками, песчаниками и глинами (рис. 1). Склоны, примыкающие к водоразделам, покрыты элювиально-делювиальными суглинками или щебнем. На данной территории преобладают обыкновенные и малогумусные щебнистые черноземы, до начала массовой распашки занятые разнотравно-

типчачково-ковыльными степями с островками дубовых лесов. Среднегодовое количество осадков на исследуемом участке 400–450 мм, средние температуры июля 20...–21°C, января –11...–12°C [Атлас Саратовской области, 1978].

Участок «Ведуга» расположен в Семилукском районе Воронежской области на восточных отрогах Среднерусской возвышенности, сложенных мелом и мергелями мезозоя. Четвертичные отложения представлены здесь аллювиальными позднплейстоцен-голоценовыми песками, суглинками и глинами в долинах рек и ледниковыми и водно-ледниковыми песками, суглинками и глинами, перекрытыми чехлом покровных суглинков. На данном участке преобладают типичные черноземы с луговыми степями. Среднегодовая температура июля 19...–20°C, января –9...–10°C, среднегодовое количество осадков 400–500 мм [Атлас Воронежской области, 1994].

В геоморфологическом отношении исследуемые участки значительно различаются между собой. Участок «Медведица» в центральной части представляет собой пологий макросклон, плавно переходящий в водораздельное пространство, расчлененный густой сетью длинных вытянутых ложбин, иногда образующих древовидные структуры. В северной части междуречья они располагаются ближе к днищу долины, чем в южной части, что находит отражение в виде сети одиночных коротких и глубоко врезанных ложбин. Средняя длина ложбин участка «Медведица» составляет 500–1500 м, их ширина 100–150 м, глубина 2–3 м, крутизна бортов 3–5 градусов. Несмотря на значительную амплитуду высот (до 100 м), рельеф данного участка менее контрастен, чем на участке «Ведуга», где четко выделяются долинная (южная и северная) и центральная междуречная части. Ложбинная сеть на «Ведуге», в отличие от «Медведицы», представлена в основном одиночными ложбинами, истоки которых не заходят глубоко на водораздельные пространства. Таким образом, густота расчленения участка «Ведуга» значительно меньше, что может быть обусловлено историей развития рельефа, а также связано с литологическим составом подстилающих пород. Средняя длина ложбин на «Ведуге» составляет 500–1000 м, ширина 150–200 м, глубина 2–4 м, крутизна бортов 4–6 градусов. Более 60% территории на обоих ключевых участках распаханно.

Материалы и методы исследований. В работе используется усовершенствованная нами методика оценки вероятности развития промоин, разработанная на примере изучения линейных форм склоновой эрозии на острове Сицилия [Conoscenti et al., 2013]. Мы исследовали тальвеги ложбин, построенные по ЦМР. В качестве исходных данных использовались оцифрованные листы топографической карты масштаба 1:10 000 с состоянием местности на 1988 г. для территорий, расположенных в бассейнах рек Медведица и Ведуга. На основе ЦМР создавался «растр эрозии», состоящий из тех ячеек (пикселей), которые включали отрезки тальвегов ложбин.

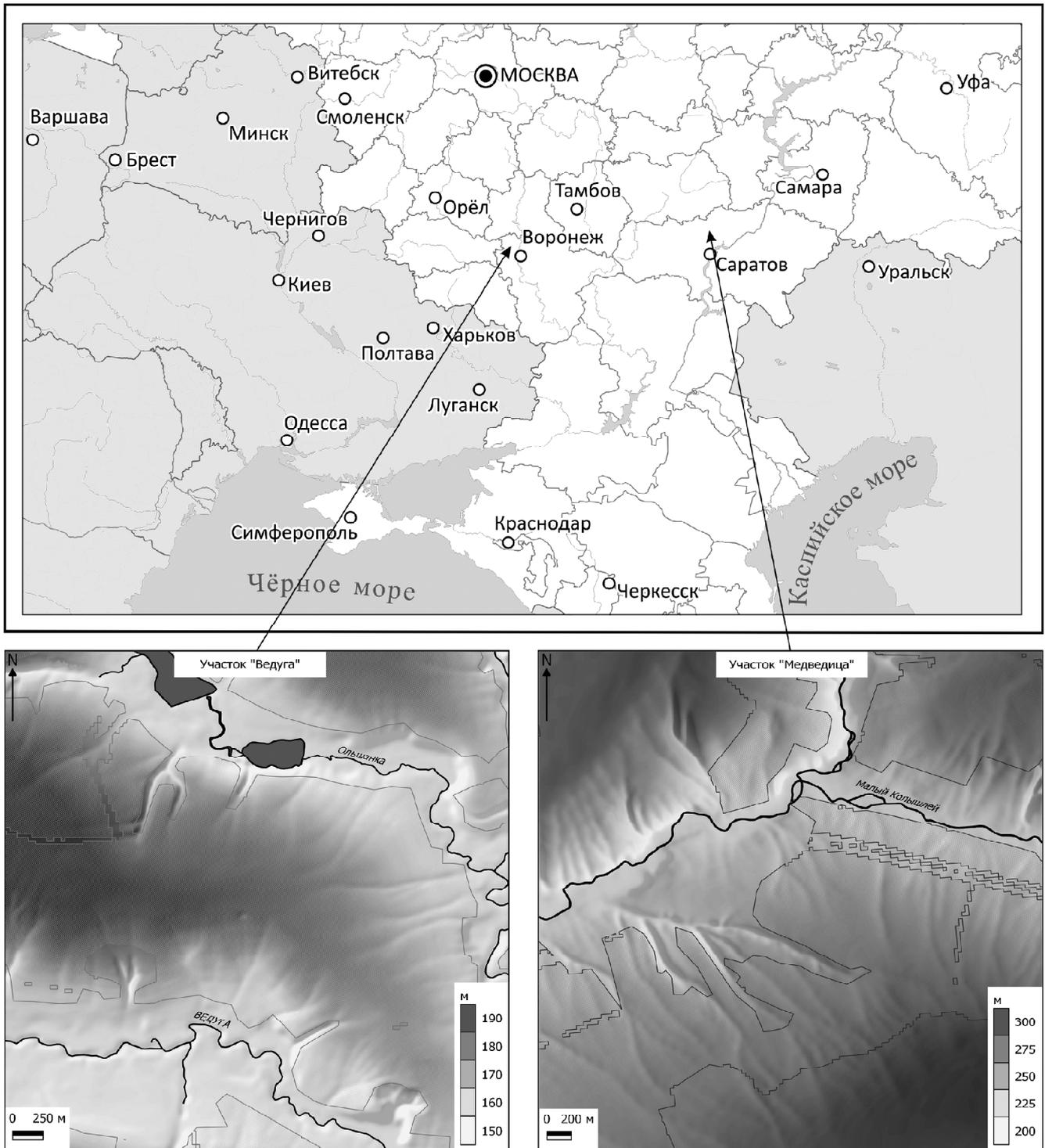


Рис. 1. Географическое положение исследуемых участков. Серыми линиями показаны границы пашни

Fig. 1. Geographical location of the key sites. Cropland borders are shown by grey lines

В исходной методике [Conoscenti et al., 2013] в качестве морфометрических параметров, с которыми связана вероятность развития промоин на исследуемых участках, использовались следующие: крутизна (град.), экспозиция (град.), горизонтальная кривизна (m^{-1}), вертикальная кривизна (m^{-1}), общая кривизна (m^{-1}), тангенциальная кривизна (m^{-1}), индекс мощности потока, топографический индекс

влажности, LS-фактор, используемый в универсальном уравнении эрозии почв USLE [Wishmeier, Smith, 1965].

На наш взгляд, такое количество параметров избыточно. Во-первых, влияние экспозиции склона при крупномасштабном исследовании, где могут быть не в полной мере представлены склоны некоторых экспозиций, представляется сомнительным.

Оценка влияния экспозиции в таком случае характеризует не общие закономерности, а уникальность природных условий изучаемой территории, поэтому в рамках данного исследования при расчетах вероятности этот параметр не использовался. Во-вторых, горизонтальная и тангенциальная кривизна функционально взаимосвязаны [Флоринский, 2010], а общая кривизна является комбинацией плановой и профильной кривизны. В-третьих, индекс мощности потока и топографический индекс влажности функционально связаны с крутизной склона и общей водосборной площадью, расположенной выше по склону от каждой из ячеек. Индекс мощности потока представляет собой натуральный логарифм произведения этих величин, топографический индекс влажности – логарифм их отношения. Вследствие этого мы исключили из рассмотрения индекс мощности потока и топографический индекс влажности и использовали вместо них десятичный логарифм общей водосборной площади. То же касается и популярного в исследованиях, посвященных оценке темпов эрозии почв, произведения факторов длины (L) и крутизны (S) склона универсального уравнения смыва почвы. В рамках ГИС-анализа они функционально взаимосвязаны, соответственно, с общей водосборной площадью и крутизной (в расчете используются простые алгебраические функции и эмпирические коэффициенты). Следовательно, привлечение комбинированного LS-фактора для анализа мы также считаем нецелесообразным, вместо него используются крутизна и десятичный логарифм общей площади водосбора.

Вместо исключенных из анализа параметров мы дополнительно привлекли следующие морфометрические характеристики: максимальную длину линии тока и глубину расчленения (valley depth). Под длиной линии тока подразумевалась длина линии, построенной от ячейки ЦМР вниз по склону по направлению стока до границы ЦМР или до другой точки, из которой не определено направление стока. Глубина расчленения рассчитывалась по водораздельным линиям, построенным по ЦМР, на основе которых выделялись междуречные поверхности. Между этими поверхностями производилась интерполяция высот по методу сплайнов с натяжением. Глубина расчленения вычислялась как разность между интерполированными междуречными поверхностями.

Таким образом, полный список используемых нами морфометрических параметров выглядит следующим образом: крутизна, плановая кривизна, профильная кривизна, десятичный логарифм общей площади водосбора, максимальная длина линии тока, глубина расчленения.

Для каждого из этих показателей построены растры, в которых каждой ячейке исходной ЦМР и «растра эрозии» соответствует значение какого-либо параметра. Следовательно, мы можем сопоставить несколько морфометрических параметров для каждой ячейки с проявлениями линейной эрозии, либо оценить вероятность ее развития на пока нетронутых участках.

Диапазон значений параметров рельефа весьма широк для проведения вероятностных оценок, поэтому полученные растры необходимо было переклассифицировать в некий набор классов, содержащих значения в различных диапазонах. Переклассификация осуществлялась путем деления совокупности значений растров на промежутки, равные одному среднеквадратичному отклонению. Для того чтобы соотнести полученные наборы классов морфометрических параметров рельефа непосредственно с эрозионными явлениями, использовалась концепция «уникальной условной единицы» (unique condition unit, далее UCU), введенной при исследованиях оползневых процессов в Южной Италии [Carrara et al., 1995]. UCU представляет собой числовое значение, составленное из номеров классов параметров рельефа, вычисленное для каждой ячейки растра, соответствующей ячейке ЦМР (рис. 2). Каждая UCU является геоморфологической единицей, выделенной по морфометрической классификации. Таким образом, UCU – это интегральная характеристика рельефа и может быть сопоставлена с проявлениями линейной эрозии на склонах междуречий.

UCU определяется как условная вероятность начала линейной эрозии по теореме Байеса в соответствии со следующей формулой [Conoscenti et al., 2013]:

$$P\left(\frac{\text{gully}}{\text{UCU}}\right) = \left(P_{\text{gully}} * P\left(\frac{\text{UCU}}{\text{gully}}\right) \right) / P_{\text{UCU}},$$

где P_{gully} – вероятность эрозионного события, $P_{\text{UCU/gully}}$ – вероятность формирования рельефа с определенной UCU в условиях развития эрозионных процессов, P_{UCU} – вероятность определенной UCU.

$$P_{\text{gully}} = N_{\text{erosion}} / N$$

$$P\left(\frac{\text{UCU}}{\text{gully}}\right) = N_{\text{UCU in erosion}} / N_{\text{erosion}}$$

$$P_{\text{UCU}} = N_{\text{UCU}} / N,$$

где N – общее количество ячеек ЦМР, N_{erosion} – количество ячеек растра эрозии, $N_{\text{UCU in erosion}}$ – количество ячеек определенного номера UCU, пересекающихся с растром эрозии, N_{UCU} – количество всех ячеек UCU с определенным номером.

Следовательно:

$$P\left(\frac{\text{gully}}{\text{UCU}}\right) = \frac{N_{\text{erosion}}}{N} * \frac{N_{\text{UCU in erosion}}}{N_{\text{erosion}}} / \frac{N_{\text{UCU}}}{N},$$

или

$$P\left(\frac{\text{UCU}}{\text{gully}}\right) = N_{\text{UCU in erosion}} / N_{\text{UCU}},$$

Полученная таким образом вероятность является основой для построения карт вероятности развития промоин.

ЦМР на ключевые участки созданы путем морфометрического анализа. С топографических карт масштаба 1:10 000 была снята следующая информация: горизонтали (основные, вспомогательные и дополнительные), отметки высот и урезов воды, водотоки и водоемы, обрывы, овраги и обозначенные рытвины.

Векторные наборы данных были использованы для выполнения интерполяции по алгоритму ANUDEM (модуль Topo to Raster системы ArcGIS [Hutchinson et al., 2011]). Для определения допустимых размеров ячейки использовался метод, включающий расчет «плотности» горизонталей и определение минимальных расстояний до них на «частой» сетке [Hengl, 2006]. Максимальный приемлемый размер ячейки, в соответствии с этим методом, равен половине среднего расстояния между горизонталями. Минимальный приемлемый размер ячейки определяется распределением этих расстояний (95% расстояний должны быть больше выбранного шага). Исходя из таких критериев, интервал допустимых значений размера ячейки для «Медведицы» составил 5,8–22,0 м, для «Ведуги» 3,4–10,0 м. В итоге использовались модели с размером ячейки 10 м для каждого изучаемого участка. Краевые части моделей (около 100 м на местности, отсчитывая от рамок карты) были исключены из итогового набора после интерполяции для минимизации краевых эффектов.

На каждый из участков была получена ЦМР. На ее основе создан ряд производных растров: крутизна склона, горизонтальная (плановая) кривизна, вертикальная (профильная) кривизна, общая водосборная площадь, максимальная длина линии тока, «глубина» относительно восстановленной поверхности водораздела. Растры крутизны и кривизны построены непосредственно по ЦМР, для расчета остальных растров создана вспомогательная («гидрологически корректная») ЦМР. Эта модель получена из исходной ЦМР путем заполнения замкнутых локальных понижений. Расчет морфометрических параметров производился в программе SAGA GIS [Congrad et al., 2015] с использованием следующих инструментов: *Slope*, *Aspect*, *Curvature* для вычисления крутизны склона, горизонтальной и вертикальной кривизны; *Flow Accumulation (Top-Down)* для вычисления общей водосборной площади; *Maximum Flow Path Length* для вычисления максимальной длины линии тока; *Valley Depth* для вычисления глубины эрозионного расчленения рельефа. Результаты расчетов были импортированы в ArcGIS, где морфометрические параметры были переклассифицированы. Крутизна склона, максимальная длина линии тока и глубина расчленения рельефа переклассифицировались по методу стандартных отклонений. Общая водосборная площадь нормализована путем вычисления ее десятичного логарифма, а затем уже нормализованный растр подвергнут переклассификации, также по методу стандартных отклонений. Растры кривизны переклассифицированы с применением «ручного» разбиения на три класса: отрица-

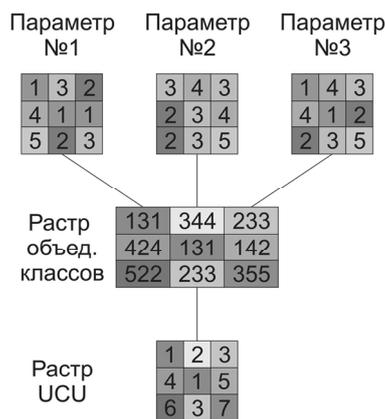


Рис. 2. Схема построения растра UCU. Цифрами показаны номера классов. Параметр №1, 2, 3 – морфометрические параметры, используемые при классификации

Fig. 2. UCU raster creation scheme. Numerals are for class numbers. Parameter № 1, 2, 3 are morphometric characteristics used for classification

тельных, нулевых и положительных значений. В итоге получено шесть целочисленных растров, представляющих собой классифицированные морфометрические показатели, по нашему мнению в совокупности оказывающие наибольшее влияние на формирование промоин. Эти шесть растров наложены друг на друга с определением уникальных комбинаций классов (UCU). Каждая уникальная комбинация в дальнейшем трактовалась как самостоятельный класс. Помимо перечисленных растров, получен бинарный растр сети тальвегов, совпадающий по охвату и размеру ячейки с растрами морфометрии (рис. 3).

Путем сопоставления бинарного растра сети тальвегов с полученными классами UCU, по вышеприведенным формулам для каждой ячейки ЦМР рассчитаны значения вероятности развития промоин. Полученная конфигурация вероятности развития линейных эрозионных форм рельефа верифицировалась с помощью методов дистанционного зондирования. Исходная сеть тальвегов снималась с топографических карт масштаба 1:10 000, построенных на основе топографической съемки 1988 г. С помощью программы SASPlanet на исследуемые участки скачивались летние космические снимки 2010-х годов разрешением 1 м, по которым оцифровывались тальвеги линейных эрозионных форм, образовавшиеся позже проведения топографических съемок. Таким образом, полученная вероятность развития эрозионных процессов сравнивалась с данными о фактическом приросте тальвегов линейных форм рельефа за период с 1988 г. до 2010-х годов.

Результаты и обсуждение. Для исследуемых участков рассчитаны основные морфометрические параметры (табл.). Рассматриваемые ключевые участки заметно отличаются друг от друга по морфометрическим характеристикам. Например, участок «Ведуга» с глубже врезынными линейными эро-

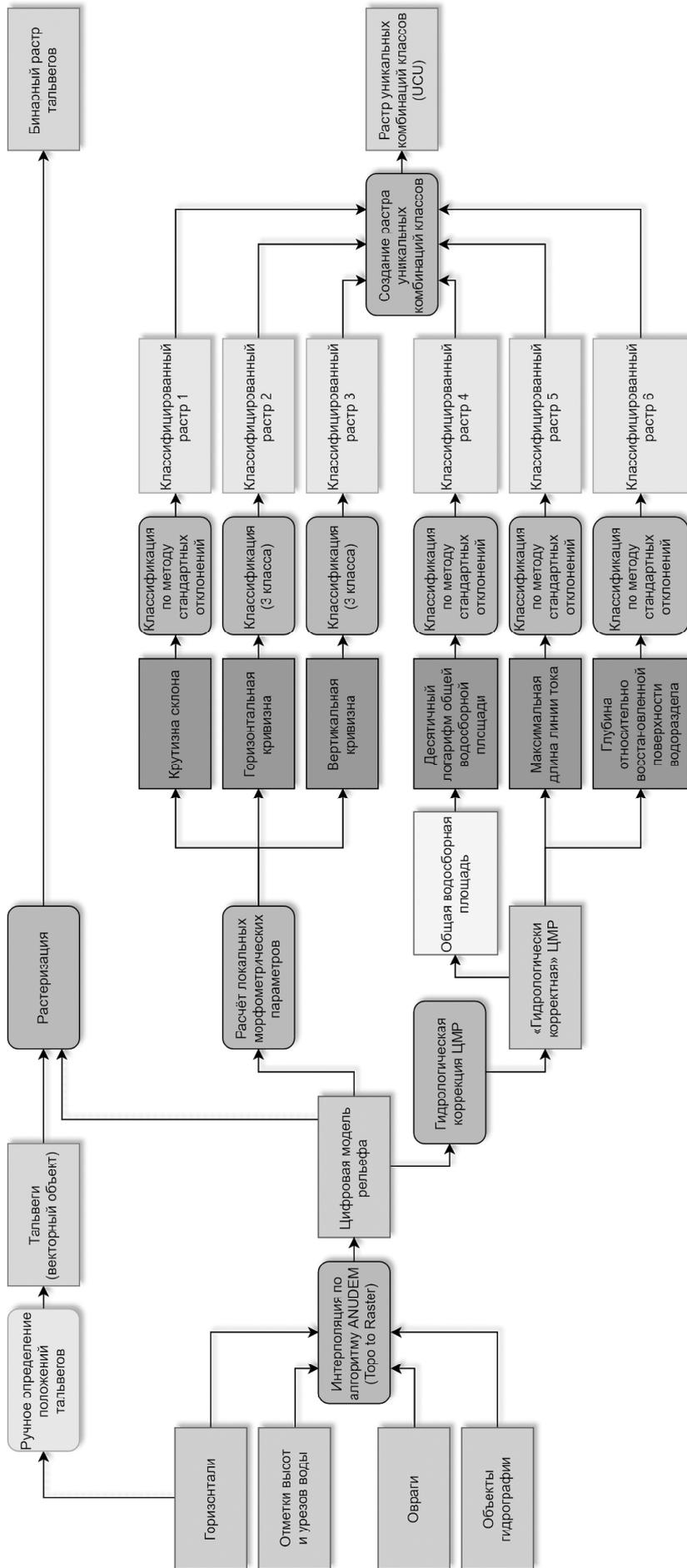


Рис.3. Схема создания слоев для составления карты вероятности развития промоин
Fig. 3. The scheme of creating layers for drawing a probability map for ephemeral gully formation

Основные морфометрические показатели участков «Медведица» и «Ведуга»

Показатель	Медведица				Ведуга			
	<i>Min</i> *	<i>Max</i>	<i>Avg</i>	<i>Std</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Avg</i>	<i>Std</i>
1. Крутизна, град.	0	20,63	2,74	2,25	0	28,87	2,7	2,19
2. Плановая кривизна, м ⁻¹	-24,5	2,02	0	0,08	-43,34	4,01	0	0,15
3. Профильная кривизна, м ⁻¹	-0,07	0,05	0	0	-0,06	0,06	0	0
4. Десятичный логарифм общей площади водосбора, ед.	2	7,14	3,28	0,58	2	6,83	3,32	0,61
5. Максимальная длина линии тока, м	0	6987,66	2628,97	1539,24	0	6864,52	2178,43	1494,63
6. Глубина расчленения, м	0	45,63	9,03	12,15	0	42,93	12,86	12,77

* *Min* – минимальное значение, *Max* – максимальное значение, *Avg* – среднее значение, *Std* – стандартное отклонение.

зионными формами характеризуется большей максимальной крутизной и плановой кривизной. Среднее значение максимальной длины линии тока на «Медведице» значительно выше, чем на «Ведуге», следовательно, участок «Медведица» расчленен сильнее. Очевидно, что на густо расчлененной территории с длинными линиями тока вероятность образования новых линейных эрозионных ниже, чем на слабо расчлененных участках с относительно короткими линиями тока и большей площадью свободных от линейной эрозии пространств.

Кроме того, участок «Ведуга» характеризуется большей глубиной расчленения междуречий (с учетом долинной сети) по сравнению с участком «Медведица».

По итогам анализа распределения вероятностей развития линейных эрозионных форм на склонах междуречий получены карты (рис. 4). При сравнении их между собой выявляется, что пространственное распределение этих вероятностей в целом отражает уже существующую структуру ложбинной сети. Это во многом является следствием построения ложбин для формирования так называемой «тренировочной выборки» на основе тех же исходных данных, что были использованы для ЦМР. Тем не менее, выведенные значения вероятности содержат в себе новую информацию. Например, для участка «Медведица» области вероятности от 10 до 20% приурочены к истокам ложбинной сети, одиночным ложбинам на склонах речных долин, притокам глубоко врезаемых ложбин, которые не были основой для классификации. Эти области, вероятно, отражают потенциальные очаги активизации эрозии, по их пространственному распространению возможно определить те эрозионные формы, которые могут активизироваться при возрастании антропогенной нагрузки или увеличении поверхностного стока в случае климатических изменений. На участке «Ведуга» территории со сходными величинами вероятности находятся, например, в восточной и юго-западной частях в местах отсутствия заметных затяжек горизонталей. В данном случае распределение вероят-

ности показывает возможность развития ложбин на склонах с относительно однородным рельефом. Таким образом, на «Ведуге» предсказательная способность используемой методики выше, чем на «Медведице». Скорее всего это связано с различием в геоморфологическом строении: густота расчленения участка «Ведуга» существенно ниже, территорий, занятых водосборами ложбин, больше, а значит лучше проявляется прогностическая информация.

По космическим снимкам оцифрованы тальвеги ложбин и оврагов, появившихся на участках «Медведица» и «Ведуга» после топографических съемок 1988 г. В результате получена «тренировочная выборка» тальвегов. Эти данные можно разделить на несколько типов: овраги природно-антропогенного (в бортах речных долин) и антропогенного (придорожные) происхождения, серии параллельных промоин на полях под паром, удлиненные тальвеги в пристоковых частях уже существующих ложбин, тальвеги ложбин на незатронутых линейной эрозией (по исходным данным) склонах.

Стоит отметить, что практическую значимость имеют значения вероятности развития эрозионных процессов от 10% до 30%. Ячейки раstra с такими вероятностями образуют пространственные структуры – потенциальные тальвеги или водосборы ложбин». Участки с вероятностью менее 10% считаются фоновыми и распространены повсеместно на обоих участках независимо от их геоморфологического строения. Участки с вероятностью более 30% практически полностью сосредоточены вокруг исходных тальвегов ложбин.

Среди сформировавшихся за примерно 30–35-летний период линейных форм рельефа или участков с удлинением существовавших форм наблюдаются следующие закономерности. Тальвеги антропогенных оврагов не отражаются в виде ячеек с повышенной вероятностью на полученном растре, что обусловлено их происхождением в результате размыва грунтовых дорог. Тальвеги природно-антропогенных оврагов, возникшие в южной части участка «Ведуга», приурочены к небольшим зонам с

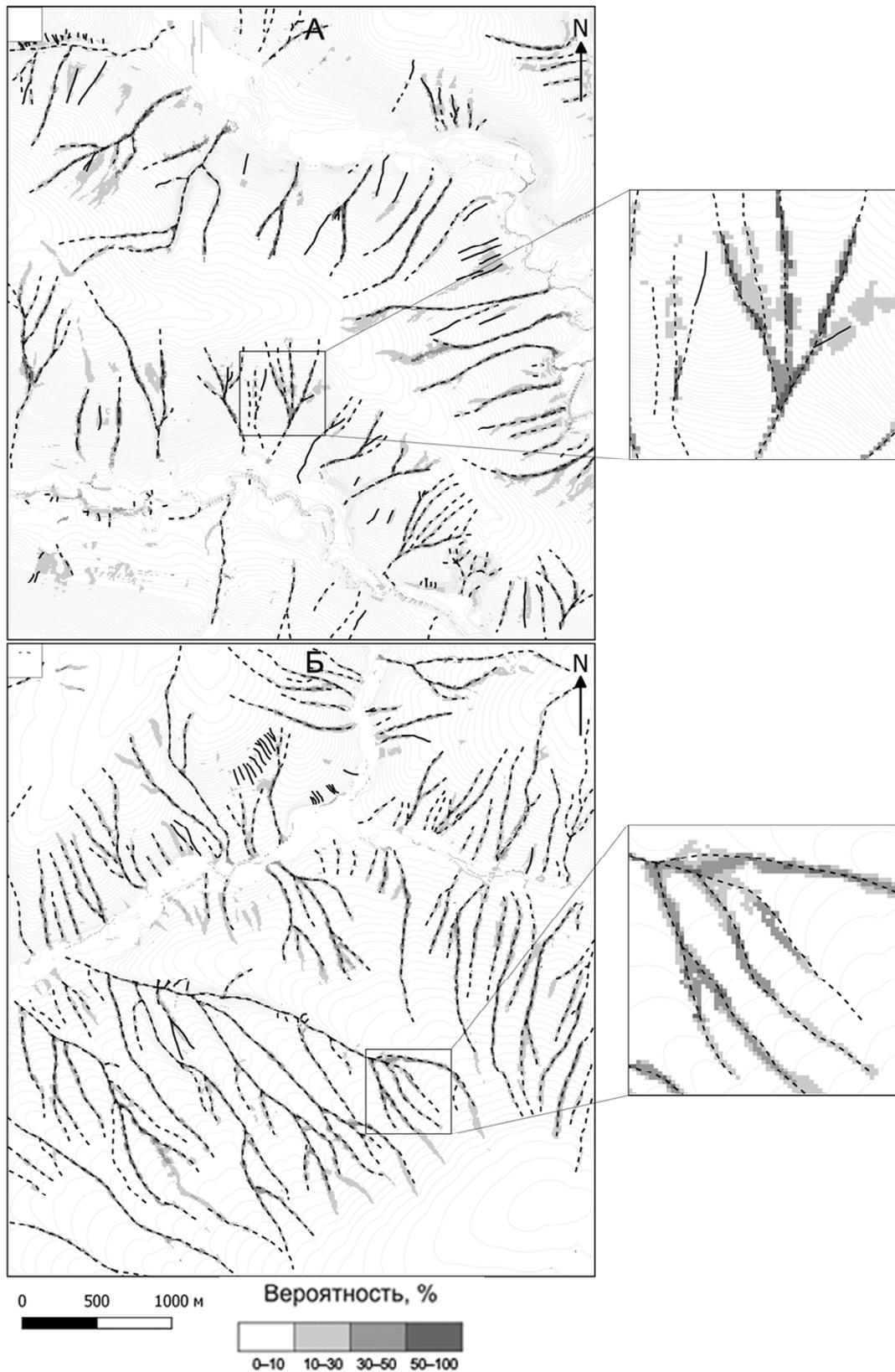


Рис. 4. Распределение вероятности формирования и развития линейных эрозионных форм на участках «Ведуга» (А) и «Медведица» (Б). Пунктирными линиями обозначены тальвеги, использованные для вычисления вероятности. Сплошными линиями обозначены тальвеги линейных эрозионных форм, появившиеся за последние 30 лет (по данным дешифрирования космических снимков)

Fig. 4. Distribution of the probability of linear erosion forms emergence and development at the key sites «Veduga» (A) and «Medveditsa» (B). Dashed lines indicate the thalwegs, for which the probability was calculated. Solid lines denote the thalwegs of linear erosion forms, which appeared during recent 30 years (according to the interpretation of space images)

вероятностью формирования линейных форм рельефа 10–30%. В областях развития параллельных промоин, обнаруженных в северной части участка «Медведица», вероятность формирования линейных форм – менее 10%, что объясняется вероятным заложением промоин по разъемным бороздам при распашке. Тальвеги в пристокowych частях существующих ложбин как на «Медведице», так и на «Ведуге» также практически не обнаруживаются в районах с вероятностью развития эрозионных процессов более 10%.

Одиночные тальвеги ложбин, возникшие спустя несколько десятков лет с момента проведения топографических съемок, в большинстве случаев приурочены к участкам с вероятностью развития эрозионных процессов 10–30% (центральная и восточная части участка «Ведуга»). На участке «Медведица» тальвеги такого типа почти отсутствуют, что связано с уже существовавшей на период проведения топографической съемки густой сетью ложбин. Прирост длины тальвегов, оцифрованных по результатам дешифрирования космических снимков, на «Ведуге» составил 12%, на «Медведице» – 5%. Такая разница связана с меньшей плотностью линейной эрозионной сети участка «Ведуга» на момент создания топографических карт.

Выводы:

– методика прогнозирования развития линейных форм рельефа на склонах распаханых междуречий, основанная на вероятностной интерпретации морфометрических характеристик рельефа, хорошо

согласуется с морфологией рельефа исследуемых территорий и может применяться для предсказания развития линейных эрозионных форм на пашне;

– разрешающая способность данной модели для конкретного участка рельефа зависит от площади междуречных пространств, еще не затронутых процессами линейной эрозии. По мере реализации потенциала формирования линейных форм на конкретном междуречье существенно сокращается вероятность формирования новых форм, что закономерно снижает эффективность использования предложенной методики. Данная методика работает лучше на тех участках рельефа, где густота расчленения междуречных пространств меньше;

– применимость одного и того же морфометрического метода может ограничиваться типом рельефа изучаемой территории. На участке с менее расчлененным рельефом за последние десятилетия возникло больше линейных эрозионных форм, которые достаточно хорошо согласуются с областями, в которых вероятность развития эрозионных процессов составляет 10–30%;

– при существующих климатических условиях и характере землепользования существенной активизации развития линейных эрозионных форм не обнаружено, что согласуется с ранее проводимыми исследованиями [Панин с соавт., 2011];

– использованная методика позволяет выявить потенциальные очаги формирования новых линейных эрозионных форм и своевременно принять соответствующие противозерозионные мероприятия.

Благодарности. Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Казанского федерального университета М.А. Иванову и А.Г. Шарифуллину за предоставленные пространственные данные, а также сотрудникам географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова – вед. науч. с. НИЛ эрозии почв и русловых процессов В.Н. Голосову и проф. кафедры геоморфологии и палеогеографии А.В. Панину за ценные советы и рекомендации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Воронежской области. Воронеж: Укргеодезкартография, 1978. 48 с.
- Атлас Саратовской области. М.: ГУГК, 1994. 31 с.
- Голосов В.Н., Козловская М.Э., Пацукевич З.В. Специфика эрозионных процессов в юго-восточном Забайкалье // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1996. Т. 5. № 4. С. 46–50.
- Еременко Е.А., Панин А.В. Происхождение ложбинной сети в центральных и южных районах Восточно-Европейской равнины // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2011. № 3. С. 59–66.
- Ковалев С.Н. Овражно-балочные системы в городах. М.: Компания ПринтКоВ, 2011. 138 с.
- Литвин Л.Ф., Голосов В.Н., Добровольская Н.Г., Иванова Н.Н., Кирихина З.П., Краснов С.Ф. Стационарные исследования эрозии почв при снеготаянии в Центральном Нечерноземье // Эрозия почв и русловые процессы, М.: Изд-во МГУ, 1998. Т. 11. С. 57–76.
- Панин А.В., Еременко Е.А., Ковда И.В. Цикл эрозионного расчленения и выполнения эрозионной сети на северо-востоке Ставрополя в конце плейстоцена. Часть II. Современные балки. Эрозионная история региона // Геоморфология. 2011. № 2. С. 102–113.
- Рысин И.И. Овражная эрозия в Удмуртии. Ижевск: Изд-во Удмуртск. ун-та, 1998. 274 с.
- Флоринский И.В. Теория и приложения математико-картографического моделирования рельефа. Дис. ... докт. техн. н. Пушино: ИМПБ РАН, 2010. 267 с.
- Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. GIS technology in mapping landslide hazard // Geographical information systems in assessing natural hazards. Springer, Dordrecht, 1995. P. 135–175.
- Conoscenti C., Agnesi V., Angileri S. et al. A GIS-based approach for gully erosion susceptibility modelling: a test in Sicily, Italy // Environmental Earth Sciences. 2013. V. 70. № 3. P. 1179–1195.
- Conrad O., Bechtel B., Bock M. et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4 // Geoscientific Model Development. 2015. V. 8. № 7. P. 1991–2007.
- Hengl T. Finding the right pixel size // Computers and Geosciences. 2006. V. 32. № 9. P. 1283–1298.

Hutchinson M., Xu T., Stein J. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure // *Geomorphometry*. 2011. V. 2011. P. 19–22.

Poesen J.W.A., Hooke J.M. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe // *Progress in Physical Geography*. 1997. V. 21. № 2. P. 157–199.

Wishmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains // *ARS-USDA in Cooperation with Purdue University, Purdue Agric. Exp. Sta. Handbook*. 1965. V. 282. 15 p.

Поступила в редакцию 30.07.2018

После доработки 20.04.2019

Принята к публикации 24.05.2019

D.A. Bezukhov¹, A.L. Entin²

PROBABILISTIC APPROACH TO FORECASTING THE FORMATION OF EPHEMERAL GULLY NETWORK WITHIN ARABLE INTERFLUVES

The article deals with forecasting of the ephemeral gully network on cultivated slopes of interfluves within the Central Russian Plain. Digital elevation models of two key areas in the basins of the Medveditsa River (Saratov region) and Veduga River (Voronezh region) were created using the 1988 topographic maps at the scale of 1:10 000 and the thalwegs of linear depressions existing at the time were identified. Basing on this information, a number of morphometric characteristics were calculated for key sites and a morphometric classification of the relief was elaborated. The probability of development of ephemeral gullies in a linear depressions network is calculated for particular classes using the Bayes theorem. Probability values of less than 10% are background, values of 10–20% correspond to the sites of potential erosion development, and probability values of more than 30% correlate with initial thalwegs of linear depressions. The applicability of probabilistic method is limited by geomorphological structure of the studied territory – the higher the density of horizontal dissection, the lower the predictive ability. According to the location of thalwegs in 1988 and in the late 2010s no significant increase in linear erosion over the past 30 years took place.

Key words: erosion network, hollows, ephemeral gully, interfluve relief, small erosion forms, morphometric analysis, probabilistic method, the Russian Plain

Acknowledgements. The authors are sincerely grateful to A. Ivanov and A.G. Sharifullin, both from the Kazan Federal University, for provided spatial data; and to V.N. Golosov, (Leading Scientific Researcher of the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes), and A.V. Panin, (Professor of the Department of Geomorphology and Paleogeography, MSU Faculty of Geography), for valuable advices and recommendations.

REFERENCES

Atlas Saratovskoy oblasti [Saratov region atlas]. M.: GUGK, 1994. 31 p. (In Russian)

Atlas Voronezhskoy oblasti [Voronezh region atlas]. Voronezh, 1978. 48 p. (In Russian)

Carrara A., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. GIS technology in mapping landslide hazard // *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Springer, Dordrecht, 1995. P. 135–175.

Conoscenti C., Agnesi V., Angileri S. et al. AGIS-based approach for gully erosion susceptibility modelling: a test in Sicily, Italy // *Environmental Earth Sciences*. 2013. V. 70. № 3. P. 1179–1195.

Conrad O., Bechtel B., Bock M. et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4 // *Geoscientific Model Development*. 2015. V. 8. № 7. P. 1991–2007.

Eremenko E.A., Panin A.V. Proiskhozhdeniye lozhbinnoy seti v tsentral'nykh i yuzhnykh rayonakh Vostochno-Yevropeyskoy ravniny [Genesis of linear depressions network in the central and southern regions of the East European Plain] // *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.* 2011. № 3. P. 59–66. (In Russian)

Florinskiy I.V. Teoriya i prilozheniya matematiko-kartograficheskogo modelirovaniya rel'yefa [Theory and applications of mathematical and cartographic terrain modeling]. Dis. ... d.t.n. Pushchino, IMPB RAN, 2010. 267 p. (In Russian)

Golosov V.N., Kozlovskaya M.E., Patsukevich Z.V. Spetsifika erozionnykh protsessov v yugo-vostochnom Zabaykal'ye [Specific features of erosion processes in the southeastern Transbaikalia] // *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geogr.* 1996. V. 5. № 4. P. 46–50. (In Russian)

Hengl T. Finding the right pixel size // *Computers and Geosciences*. 2006. V. 32. № 9. P. 1283–1298.

Hutchinson M., Xu T., Stein J. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure // *Geomorphometry*. 2011. V. 2011. P. 19–22.

Kovalev S.N. Ovrazhno-balochnyye sistemy v gorodakh [Gully-balka systems in cities]. M.: Kompaniya PrintKoV, 2011. 138 p. (In Russian)

Litvin L.F., Golosov V.N., Dobrovolskaya N.G., Ivanova N.N., Kiryuhina Z.P., Krasnov S.F. Statsionarnyye issledovaniya erozii

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, postgraduate student; e-mail: goldplacer@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, postgraduate student; e-mail: andrei.entin.worknstudy@gmail.com

pochv pri snegotayanii v tsentral'nom Nechernozem'ye [Stationary studies of soil erosion during snow melting in the central Non-Chernozem region] // Eroziya pochv i ruslovyye protsessy. M.: Izd-vo MGU, 1998. V. 11. P. 57–76. (In Russian)

Panin A.V., Eremenko E.A., Kovda I.V. Tsikl erozionnogo raschleneniya i vypolneniya erozionnoy seti na severo-vostoke Stavropol'ya v kontse pleystotsena. Chast' II. Sovremennyye balki. Erozionnaya istoriya regiona [Late Pleistocene cycle of erosion dissection and infilling of the drainage network in the north-eastern Stavropol territory (Part 2. Recent balkas. History of the drainage network)] // Geomorfologiya. 2011. № 2. P. 102–113. (In Russian)

Poesen J.W.A., Hooke J.M. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe // Progress in Physical Geography. 1997. V. 21. № 2. P. 157–199.

Rysin I.I. Ovrazhnaya eroziya v Udmurtii [Gully erosion in Udmurtia]. Izhevsk: Izd-vo Udmurtsk. un-ta, 1998. 274 p. (In Russian)

Wishmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the rocky mountains // ARS-USDA in Cooperation with Purdue University, Purdue Agric. Exp. Sta. Handbook. 1965. V. 282. 15 p.

Received 30.07.2018

Revised 20.04.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 910.1+379.85

В.К. Крыстев¹**ТУРИСТСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ: ДИСКУРС О МЕТОДЕ**

В статье представлено синтетическое понимание теоретических и прикладных аспектов метода туристского районирования. Основной акцент делается на рационализации применения данного метода как важной предпосылки для эффективного планирования и управления туризмом. Обобщены теоретические подходы и практический опыт определения критериев (принципов и признаков) выделения туристских районов. Подчеркнуто значение как традиционных, так и инновационных признаков (например, имиджа территории), определяющих характер туристского районирования. В соответствии со структурными особенностями территории выявлены закономерности проектирования количества, конфигурации, специализации, названий и границ потенциальных туристских районов. На основе выявленных закономерностей предлагается оригинальный методологический подход к осуществлению туристского районирования, который позволяет нивелировать типичные недостатки его применения.

Ключевые слова: туристский район, туристская система, туристская специализация

Введение. Стремление к рациональному использованию ресурсов и грамотному управлению ими, к оптимизации хозяйственной деятельности и сопутствующей инфраструктуры обуславливает необходимость общей систематизации территориальных комбинаций, что отождествляется с районированием географического пространства. В зависимости от структурно-функционального характера выделяемых районов принято говорить о комплексном и отраслевом районировании. Туристское районирование, учитывая его специализацию в конкретной социально-экономической деятельности, относится к отраслевому районированию. Его следует рассматривать как инструмент изучения территориальной организации туризма и как отражение определенного этапа территориального развития туризма [Рекреационные системы ..., 1986]. С точки зрения масштаба пространства, поставленной цели и определения критериев процесс туристского членения территории в значительной степени зависит от количества, объема, конфигурации, названия, специализации и границ выделяемых туристских районов.

Туристское районирование широко используется во многих странах. Его значение для полноценного функционирования туризма неоспоримо, но способ применения из-за субъективных представлений о туристской реальности не лишен ошибок и двусмысленностей. Чаще всего они возникают на начальном этапе разработки теоретических основ районирования. Причинами ошибок могут стать сложновыполнимые или нереалистично поставленные цели, неправильный выбор подходов и критериев применения метода, нецелесообразное заимствование моделей и элементов туристской практики других стран и районов, неучет недостатков предыдущих схем районирования и др. Многие ошибки ставят под сомнение объективность районирования, уже

официально принятого на национальном уровне, как, например, в случае с новым туристским районированием Болгарии, утвержденным в 2015 г. [Крыстев, 2015]. Опыт разных стран (Болгарии, Польши, Италии) показал, что конфликты территориального характера или проблемы с неэффективным развитием туризма являются результатом ошибок районирования [Casari, 2008; Cabaj, Kruczek, 2009; Крыстев, 2015]. Таким образом, цель данной статьи – внести ясность в научное и практическое содержание метода туристского районирования.

Сущность и значение районирования как синтетического метода. Районирование является целенаправленной деятельностью, связанной с планированием и использованием географического пространства, оно обеспечивает «объективную основу для всех видов региональных исследований и преобразований» [Голубчик и др., 2015, с. 269]. Туристское районирование должно основываться на главных элементах, определяющих содержание туризма: туристских ресурсах и услугах, материальной базе, туристских миграциях, инвестиционной деятельности в туризме и т.д.

Как способ членения территории, районирование направлено на выделение таксонов (районов, субрайонов, микрорайонов, центров), обладающих относительной однородностью и соответствующих, согласно Э.Б. Алаеву, как минимум двум критериям: «критерию специфики данного таксона и критерию единства, целостности районлируемых элементов» [Алаев, 1977, с. 71].

Основным таксоном является *район*. Это территория, которая отличается «единством, взаимозависимостью, целостностью составляющих элементов» [Алаев, 1977, с. 48]. Внутрирайонные связи между элементами, составляющими район, более устойчивы, чем межрайонные [Евдокимов с соавт., 2017, с. 123]. Правильное формирование и функцио-

¹ Экономический университет (Варна), факультет менеджмента, кафедра экономики и организации туризма, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: viliank@ue-varna.bg

нирование районов – залог оптимальной территориальной организации и основа стратегического развития территории. Функции района направлены на повышение качества социокультурной среды и на достижение эффективного развития хозяйства.

Районирование всегда проводится с определенной целью, в соответствии с которой для территориального членения подбираются критерии (принципы, признаки). Например, физико-географическое, экономическое, туристское, транспортное и другие виды районирования преследуют разные цели и по-разному структурируют географическое пространство. Районообразование является объективным и закономерным процессом. Оно отождествляется с формированием устойчивых пространственных структур, обладающих высокой интенсивностью внутренних связей и взаимодействием между элементами. Таким образом, районообразование выступает в качестве одного из способов изучения гетерогенной природы географической среды [Миرونенко, Твердохлебов, 1981; Евдокимов с соавт., 2017]. Для туристского районирования процесс районообразования следует рассматривать лишь в качестве одного из проявлений социально-экономического развития пространства [Кружалин с соавт., 2014].

Структурные особенности туристского районирования. В концептуально-терминологическом аспекте в научной литературе, кроме *туристского*, речь идет и о *рекреационном* районировании. Рекреация традиционно воспринимается как более широкая предметно-ориентированная деятельность, туризм в которой понимается как частная функция [Миرونенко, Твердохлебов, 1981; Бьчваров, Апостолов, 1982; Пирожник, 1985; Dewally, Flament, 1996; Innocenti, 2002; Ердавлетов, 2010; Тарасёнок, 2011]. Близость этих областей предполагает использование термина «рекреационно-туристское районирование». Однако во избежание недоразумений содержательного характера в определении *туристского* и *рекреационного* районов эти термины можно рассматривать как синонимы.

Поскольку туристское районирование относится к отраслевым, его применение направлено на выявление закономерностей в пространственной организации туризма. Однако учитывая тот факт, что туризм в большинстве случаев проявляет себя как поздняя организация пространства, предмет туристского районирования не может рассматриваться в рамках только одной отрасли хозяйства. Необходимо выявить прямые и косвенные связи между туризмом и другими видами экономической и социальной деятельности, а также инфраструктурой [Котляров, 1978]. Такие связи обеспечат адекватное использование схем районирования, а также территориальную нодальность (узловое взаимодействие между элементами, составляющими систему туризма). Успешное туристское районирование, однако, является результатом взаимодействия не только элементов территориальной системы туризма между собой, но и элементов туризма с другими

социально-экономическими процессами, связанными с организацией туризма. Нодальность раскрывает существование общих единиц в пространственной организации отраслевых систем (одной из которых является туризм), формируя, таким образом, районообразующие комплексы [Бакланов, 2012]. Учитывая тот факт, что районообразующие комплексы обеспечивают туристской системе территориальную целостность и управляемость, они играют центральную организующую роль в процессе районирования туризма, устанавливая предпосылки для реализации *принципа объективности*.

В геоструктурном измерении специфика выделяемых туристских районов выражается, прежде всего, в их конкретной специализации. Единство составляющих район элементов обуславливает его относительную территориальную целостность. Последнее свойство является результатом пространственных зависимостей между подсистемами, представляющими собой: природные и культурные ресурсы, материальную базу туризма, демографические условия, транспортную инфраструктуру, органы управления и другие проявления социально-экономических факторов и их взаимосвязь с туризмом.

Роль ресурсов как ведущего критерия в процессе членения территории обуславливает специализацию туристских районов, главным образом, путем определения их функциональной ориентации на конкретные формы туризма – морской отдых, зимние виды спорта, культурный туризм и т. д. Поскольку количество и качество туристских ресурсов характеризуется дисперсным в пространстве характером, специализация туристских районов во многих случаях выступает как гетерогенная с одной или двумя ведущими формами туризма и несколькими второстепенными.

В соответствии с особенностями территориальной структуры туристской деятельности существуют определенные различия в дифференциации туристского пространства, которые выражают степень его *мозаичности*. Мозаичность туристского пространства в значительной степени зависит от разнообразия туристских ресурсов и их инфраструктурной и технической обеспеченности. В случае концентрации территориальной структуры туризма вокруг определенных туристских ресурсов стимулируется процесс формирования ядра туристского пространства [Кружалин с соавт., 2014]. Развитие туризма в ядре создает гравитационное поле, оказывающее влияние на остальную часть территории и, таким образом, структурируя центр потенциального туристского района. Величина и сила гравитационного притяжения туристского ядра зависят от радиуса распространения его влияния, которое естественным образом проецируется на смежную территорию.

В сфере туризма районирование также сопровождается ярко выраженным маркетинговым фокусом, который учитывает значение территориальной идентичности с основной целью проектирова-

ния туристского имиджа и бренда районных образований. Это позволяет туристским районам приобретать персонализацию образного позиционирования, отражая такие важные предпосылки их конкурентоспособности, как совершенствование специализации и региональной насыщенности рекреационно-туристской деятельности, рост привлекательности рыночной среды, повышение потенциала инвестиционного климата территории и т. д.

Туристский район как территориально-структурное образование. Еще в середине XX в. У. Тоски (1897–1966), один из основателей географии туризма в Италии, рассматривал туристский район в трех основных аспектах: а) в соответствии с ролью, которую район играет в туристском движении (выделены эмитентные, рецептивные и транзитные туристские районы); б) как экономический район, где туристский феномен преобладает над другими видами экономической деятельности; в) как традиционный или административный район, в котором туристская деятельность отличается своими особенностями [Toschi, 1957].

С точки зрения региональной организации туризма, определение природы района имеет наибольшее значение в его понимании, прежде всего, как экономического района.

Туристский район представляет собой территориальную социально-экономическую систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных подсистем: туристов (отдыхающих), туристских ресурсов, инфраструктуры, трудовых ресурсов, органов управления [Теоретические ..., 1975]. В зависимости от качества территориальной стыковки этих подсистем туристский район вполне естественно характеризуется определенным уровнем развития, туристской специализацией и отдельной внутренней иерархической структурой.

Под влиянием системной парадигмы и принимая во внимание опыт различных авторов [Biagini, 1986; Simunout, 1987; Апостолов, 2003; Casari, 2008], туристский район следует понимать как *однородную территориальную область, обособленную на основе валоризованного туристско-ресурсного потенциала и обладающую собственной структурой туристского обслуживания с ее специализацией, иерархией развития и туристским образом (имиджем)*. Имидж подчеркивает географическую индивидуальность и семантику туристской привлекательности района, развивающиеся на естественных, культурно-исторических и экономических ресурсах.

Критерии (принципы и признаки) туристского районирования. Туристское (рекреационное) районирование осуществляется на основе определенных критериев с учетом влияния комплекса факторов географической среды. В качестве ведущих критериев следует упомянуть, в первую очередь, наиболее характеризующие туризм признаки: природные и антропогенные условия и ресурсы и степень их туристской освоенности; характер предлагаемого туристского продукта; объем и территори-

альное распределение туристских миграций; характер систем коммуникаций; присвоенные туристские функции территории и др. По пространственному взаимодействию этих признаков выделяются туристские районы, объединенные общностью природных и культурно-исторических комплексов и имеющие определенную специализацию.

В работах разных авторов наблюдаются существенные различия в определении количества и содержательного веса критериев, учитываемых при выделении туристских районов. Е.А. Котляров, придавая большое значение экономическому взаимодействию субъектов туризма, выделяет основные районообразующие признаки: а) специализация территории с точки зрения туристской деятельности; б) степень взаимосвязи туристского хозяйства с местными отраслями; в) отношение доли трудовых ресурсов в сфере туризма к общей доле занятых на данной территории [Котляров, 1978].

И.И. Пирожник выделяет главные принципы туристского (рекреационного) районирования: *генетический*, подразумевающий выделение районов на основе исторического анализа территориальной организации рекреационного хозяйства и прогноза ее развития; *социально-экономический*, основывающийся на поиске рекреационных районов для максимального удовлетворения рекреационных потребностей общества, рационального использования рекреационных ресурсов, повышения эффективности территориального разделения труда, интеграции рекреационных функций и сокращения затрат на рабочую силу в производстве туристских услуг; *принцип единства*, включающий в себя экономическое районирование и административно-территориальное деление и определяющий координацию развития отраслей в районе, оптимизацию движения туристских потоков и рациональное использование трудовых и территориальных ресурсов. В качестве основных признаков И.И. Пирожник определяет: характер рекреационной специализации и степень освоенности территории; типы рекреационных ресурсов; рекреационные функции территории; транспортно-географическое положение; географию рекреационных миграций; экономические связи между предприятиями; наличие регионального центра с развитой социальной инфраструктурой [Пирожник, 1985].

М. Казари дифференцирует критерии выделения туристских районов по двум большим группам, отражающим туристские функции территории: естественным ресурсам и ресурсам антропогенного происхождения [Casari, 2008]. Районы выделяются по концентрации определенного туристского потенциала, по выбору отдыхающими той или иной формы туризма, а не как экономические субъекты, от которых зависит управление туризмом.

В теории современного туристского районирования представлены противоречивые мнения авторов по выбору ведущих критериев. Например, некоторые считают выделение туристских районов, охватывающих всю территорию стран вместе с об-

ластями, где туристская деятельность отсутствует, «методологически некорректным» [Бъчваров, Апостолов, 1982; Апостолов, 2003]. Напротив, другие авторы [Асташкина с соавт., 2010; Кружалин с соавт., 2014] утверждают, что туристское районирование следует проектировать и на неиспользуемые территории (делать ставку на *принцип перспективности*), где туризм практически отсутствует или слабо развит, но у него есть определенные предпосылки для развития, то есть предлагается реализация районирования без остатка. В качестве весомого аргумента в поддержку соблюдения принципа перспективности выступает постоянный процесс расширения пространственного охвата туризма [Lozato-Giotart, 2008].

Под влиянием инновационных тенденций в современном туристском районировании в качестве все более важного критерия используется туристский образ (имидж) территории, который персонализирует ее в геокультурном плане. В этом отношении процесс обособления туристских районов и их функциональная направленность в значительной степени учитывают своеобразие территории, ее стереотипный образ, стимулирующий потенциальных туристов. По мнению Дж. Валусси, туристский район должен создаваться «за счет восприятий сквозь образ его рецептивной туристской организации, который распространяется через средства массовой информации». Этот район, утверждает Валусси, в большинстве случаев не определяется географическими законами, но является «реальностью, воспринятой туристом субъективным путем, ориентируя его выбор и включая его цели» [Valussi, 1986, p. 20]. К соблюдению данного знаково-семантического признака в туристском районировании призывает также Ю.П. Ковалев. По его мнению, туристский район является связующим понятием, поскольку объединяет в себе не только элементы туристской деятельности, но и элементы различных «артефактов и ментифактов», которые характерным образом проектируются на развитие рекреации и туризма в районе [Ковалев, 2005, с. 123]. Туристское районирование современного типа действительно во многом зависит от образных представлений, которые в большей или меньшей степени способствуют конкретизации «туристской мечты». Более того, основная цель процесса выделения туристских районов может быть направлена на реализацию регионального маркетинга и рекламы (с последующей валоризацией районов с их логотипами и слоганами), как в случае с новым туристским районированием Болгарии от 2015 г. [Концепция ..., <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/koncepcia.pdf>].

Из-за отсутствия универсального туристского районирования и общих критериев для учета пространственно-временной динамики проявления туристского феномена, мы предлагаем учитывать широкий набор принципов и признаков (табл. 1). Их соблюдение позволяет в полной степени выявить территориальную неоднородность туризма.

Подходы к туристскому районированию. Как синтетический метод районирование сочетает в себе ряд специализированных методов, среди которых выделяются сравнительный, типологический, картографический и различные оценочные методы. Основными подходами к выделению туристских районов являются:

– ресурсный, основанный на количестве и качестве условий и ресурсов туризма (природных и антропогенных);

– отраслевой, подразумевающий изучение зависимостей между элементами, определяющими характер туристской деятельности. Его применение отображает внутренние связи в рамках туристской отрасли, количество и качество предоставляемых в сфере туризма услуг, территориальное распределение туристской инфраструктуры;

– социально-географический, учитывающий поведение туристов и их рекреационные потребности, мотивацию к потреблению туристских услуг и степень мобильности;

– системно-структурный, рассматривающий туризм и другие виды общественной деятельности как взаимосвязанные элементы территориальной системы.

Особое значение в современных конструктивных разработках интегральных или частных аспектов районирования туризма имеет системно-структурный подход. Он ориентирует исследовательскую деятельность в направлении, где каждый объект или явление, прямо или косвенно связанное с организацией туризма, рассматривается как элемент территориальной туристской системы. Устойчивое функционирование территориальных туристских систем является одним из приоритетов в поиске региональной однородности. В основе этого процесса лежат взаимосвязи между элементами, составляющими район, характер устойчивости которого можно установить с помощью математических моделей или статистических функций. Полученные показатели иллюстрируют географическую динамику взаимодействия ряда принципиальных для туризма явлений, подчеркивая системные зависимости и закономерности в его территориальной структуре.

Территориально-системное структурирование элементов туристского района выражается в определенном иерархическом порядке. Различаются три уровня иерархической зависимости: ядро, периферия и сфера экспансии. У М. Казари *ядро* отождествляется с историческим и экономическим центром территории, где в наибольшей степени инициировано появление туризма, которое впоследствии приобретает функции гравитационного поля для прилегающей территории. *Периферия* охватывает территорию мультипликации деятельности ядра, но с меньшей интенсивностью. *Сфера экспансии* проектируется на окружающее пространство и обладает характеристиками, делающими туристский район динамичным и изменчивым, а его границы флюидными (перемещаемыми с возможностью для будущих изменений). В пределах туристского райо-

Таблица 1

Основные принципы и признаки выделения туристских районов

Принципы	Признаки
<p>Объективность – отражение реально происходящих процессов в естественной среде и социальном развитии в рамках районных субъектов</p> <p>Перспективность – туристский район отражает не только текущее состояние туризма, но и его территориальное изменение в перспективе</p> <p>Комплексность – соблюдение интеграционных связей между элементами, составляющими территориальную систему туризма, включая взаимодействие с другими видами экономической деятельности</p> <p>Специализация – соблюдение функционального профиля территории на основе предлагаемого туристского продукта (продуктов)</p> <p>Иерархичность – соблюдение унаследованной системы субординации территориальных образований (структурированных в пространстве субрайонов, микрорайонов и центров) в туристском обслуживании</p> <p>Согласование границ туристских районов с границами административного деления – обеспечение адекватной координации в области планирования и управления</p> <p>Толерантность – территориальный охват установленных инициатив, организационного характера (между туристскими компаниями, муниципалитетами, городами, туристскими объединениями, неправительственными организациями)</p> <p>Конструктивность – стремление к достижению определенной практической цели, поставленной перед районированием</p>	<p>Особенности <i>географического положения</i> (прежде всего экономического, транспортного, рыночного и туристско-географического)</p> <p>Характер <i>природной и культурной среды</i>; масштаб, привлекательность и степень освоенности природных и антропогенных ресурсов</p> <p>Характер <i>сезонности</i> в развитии туризма</p> <p><i>Демографические особенности</i> (количество и размещение населения, характер урбанизации)</p> <p>Объем и интенсивность <i>туристских миграций</i> на дифференцируемой территории</p> <p>Уровень <i>экономического развития в сфере туризма</i> и туристские связи</p> <p>Характер <i>транспортной сети</i> и степень транспортной доступности территории</p> <p>Территориальное распределение <i>материально-технической базы туризма</i></p> <p><i>Туристская (рекреационная) емкость территории</i></p> <p>Территориальное распределение и качество <i>трудовых ресурсов</i></p> <p>Характер <i>социально-политической ситуации</i> с точки зрения стабильности и безопасности территории</p> <p>Сформировавшийся <i>образ (имидж) территории</i> с точки зрения ее известности и региональной идентичности</p>

Таблица составлена автором на основе обобщения критериев туристского районирования различными авторами [Котляров, 1978; Пирожник, 1985; Бъчваров, Апостолов, 1982; Viagini, 1986; Рекреационные системы ..., 1986; Valussi, 1986; Casari, 2008; Кружалин с соавт., 2014].

на, в качестве более мелких пространственных образований, М. Казари выделяет туристские «округи», образующие мозаику внутрирайонного разнообразия. Их отличительными особенностями являются: доля туристической отрасли в общей структуре местного хозяйства; качество материально-технической базы; туристская специализация; плотность туристских маршрутов; образ территории, сформировавшийся под влиянием региональной идентичности [Casari, 2008].

По мнению М. Казари, система туристских районов подчиняется процессам разнонаправленного характера – консервативным, эволюционным и революционным. Характер района определяется географией окружающей среды, которая, «с одной стороны, оказывает давление на систему, а с другой стороны, стимулирует процесс регионального развития, направляя его в сторону преобразования и саморегулирования» [Casari, 2008]. Динамика развития туристских систем проявляется в территориальном охвате, конфигурации, границах, туристском потенциале и функциональных особенностях районов, превращая их в конкурирующие пространствен-

ные субъекты. Динамичный характер туристских районов выражается в непрерывной диверсификации предлагаемого туристского продукта; в колебании инвестиционной политики; в изменении маркетинговых стратегий; в непрерывном совершенствовании транспортной сети территории и т. д. Эти изменения делают территориальные туристские системы нестабильными (в конструктивном плане открытыми для изменения), а районы – уязвимыми и восприимчивыми к изменениям в пространстве и времени.

В качестве альтернативы традиционному туристскому районированию современные авторы [Александрова, 2007; Кружалин, 2008; Зырянов, Мышлянцева, 2010] предлагают применение *кластерного подхода*. О кластерах в сфере туризма стали говорить относительно недавно, но следует признать, что они приобретают все более широкое значение в теории и практике туризма. В основе формирования региональных туристских кластеров лежат процессы, аналогичные другим типам экономических кластеров – концентрация и конкуренция между туристскими субъектами, а также взаимодей-

стве субъектов в системе туризма по принципу государственно-частного партнерства. С точки зрения системно-структурного подхода, кластеры обладают иерархической структурой, состоящей из таксонов низкого и высокого порядка. В качестве ведущего критерия в процессе идентификации региональных кластеров выступает сеть горизонтальных и вертикальных связей между представляющими их туристскими, финансовыми предприятиями, государственными учреждениями, образовательными организациями и др., что дает основания говорить о региональной организации туризма.

Тем не менее, прикладное значение кластерного подхода для туристского районирования оценивается неоднозначно. Некоторые авторы [Hospers et al., 2009] подвергают критике эффективность выделения производственных кластеров по нескольким основным причинам: а) у них отсутствуют географические границы (они существуют, главным образом, в воображении их создателей); б) история географической концентрации производства показывает, что возникновение, существование и исчезновение кластеров являет собой процесс спонтанного характера, невозможно точно предсказать этапы их развития, находящиеся в зависимости от конкретных времени и места; в) характер управления кластерами характеризуется высокой произвольной избирательностью из-за развивающейся информационной асимметрии между политическим управлением и предпринимательством. Проблема еще более усложняется в связи с плохо изученными способностями самоорганизации региональных кластеров. Опыт передовых практик показывает, что копирование моделей успешно функционирующих туристских кластеров не дает хороших результатов, поскольку потенциал и разнообразие туристских ресурсов в одних областях не совпадают с условиями в других.

Специализация и название туристского района. Специализация района в сочетании с названием предопределяет его функциональную ориентацию. Эта связь имеет большое значение для повышения конкурентоспособности района в массовых стереотипах туристского контингента и для создания его территориального бренда. Специализация туристских районов часто определяется частотой и степенью использования туристско-ресурсного потенциала, за исключением случаев, когда районированию присваиваются определенные ожидания конструктивного характера: расширение регионального туристского продукта, ограничение антропогенного давления на определенный тип ресурсов за счет валоризации других и т. д. В таких случаях специализация может быть градуированной или встроеной гетерогенным образом.

В соответствии с перспективным подходом к туристскому районированию, название районов должно отображать ресурсный потенциал (под влиянием ресурсного подхода) или ведущие формы туризма (в функциональном и системно-структурном подходе). В случаях отсутствия такой связи в названиях

возникает риск попадания в «ловушку»: спроектированный туристский продукт (туристская специализация места) не соответствует стереотипным представлениям туристов о его назначении [Александрова, 2014]. Так, например, обстоит дело с некоторыми туристскими районами Болгарии (рис., табл. 2). Их названия не соответствуют специализации, что затрудняет их потенциальный маркетинг: район Дунай – зона культурно-исторического туризма; район Долины роз – бальнеологического туризма [Концепция..., <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/konceptcia.pdf>]. В таких случаях конкурентоспособность туристских районов в направлении освоения территориального бренда не может расти изначально.

В определенных случаях, когда наблюдается выраженная социокультурная регионализация территории, подлежащей районированию, для того чтобы добиться более яркой узнаваемости, наиболее уместно в выборе названия туристских районов следовать исторически сложившейся топонимии. Заимствование исторической топонимии с высоким информационным потенциалом персонализирует соответствующие туристские районы, отвергая необходимость в дополнительном брендинге. Такая практика в присвоении названий туристским районам широко распространена в странах с хорошо развитым процессом социокультурной регионализации (Италии, Испании, Германии, Греции, Австрии, Франции и др.). Туристские районы этих стран унаследовали как названия, так и территориальный охват и конфигурацию естественно развитых историко-географических областей. Некоторые из исторических названий (Тоскана, Кампания, Лацио, Каталония, Бавария, Фессалия, Тироль, Прованс, Шампань) имеют признанную репутацию и сильный эмоциональный заряд, накопленный с течением времени, они настолько ярки, что переходят в категорию *геоконцептов* [Калуцков, 2012].

Границы туристского района. Важным элементом структуры туристских районов являются их границы. Процесс делимитации границ часто связан с конфигурацией однородных природных или культурных географических областей. Распространенной практикой является совмещение границ туристских районов с административными границами территориальных образований регионального или федерального типа (NUTS 2 по европейской классификации), прежде всего, в странах с развитой социокультурной регионализацией национального пространства (Испании, Франции, Италии, Греции, Австрии, Германии, Хорватии и др.). Согласование границ туристских районов Болгарии с 2015 г. [Концепция..., <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/konceptcia.pdf>] осуществляется на более низком уровне – на уровне границ муниципальных образований (NUTS 3).

В случае стремления к более высокой объективности и во избежание значительных структур-



Туристские районы Болгарии [Концепция ..., <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/koncepcia.pdf>]

Tourist regions of Bulgaria [Kontseptsiya ..., <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/koncepcia.pdf>]

ных и отраслевых для туризма отклонений делимитация туристских районов требует применения математических методов. Одним из широко используемых для этой цели является разработанный американским ученым Полем де Конверсом метод социально-экономической гравитации территории в отношении влияния экономических центров. Для

выделения туристских районов этот метод предполагает использование различных показателей, непосредственно влияющих на объем и интенсивность туризма в уже установленных туристских или курортных центрах [Апостолов, 2003]. Степень экономического влияния между двумя соседними туристскими центрами (R_n) рассчитывается по формуле:

Таблица 2

Основная специализация туристских районов Болгарии

Район	Специализация (вид туризма)
Дунай	Культурный и круизный
Старая планина (Балканские горы)	Горный и культурный
Долина роз	Бальнеологический
Фракия	Культурный и винный
Родопы	Горный и сельский
Рила-Пирин	Горный и религиозный
София	Деловой и культурный
Черноморский район Варны	Морской и спортивный
Черноморский район Бургаса	Морской и культурный

$$R_n = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}}$$

где D – физическое расстояние (в км) между туристскими центрами; P_1 и P_2 – индикаторы, отражающие конкретные измерения развития туризма в обоих центрах (ресурсный потенциал, объем туристских посещений, количество койкомест, ночевков, доходы от туризма и т. д.). Этот метод дает хорошие результаты в разграничении туристских районов, располагающиеся преимущественно на равнинных территориях, и учитывает совокупное гравитационное воздействие нескольких туристских индикаторов.

Другой математический метод, направленный на разграничение туристских районов, касается их внутренней территориальной иерархии и основан на теории «центральных мест» В. Кристаллера. Метод базируется на систематизации количества и размера объектов, предоставляющих туристские услуги

в установленных туристских центрах на территории, подлежащей районированию (по Е. Биаджини). С помощью величин, характеризующих количество услуг, туристских объектов и т. д. определяются сравнительные индексы для определения пространственно-иерархического уровня туристских мест. Рассчитывается так называемый *индекс туристской центральности* (ИТС) – показатель концентрации базовых объектов (сувенирных магазинов, базаров, сельских магазинов, художественных галерей, салонов антиквариата, дискотек) и небазовых туристских объектов (отелей, конгресс-центров, квартир в аренду) в отдельных центрах, развивающих туризм [Biagini, 1986]:

$$ИТС = \sum_1^n s_1 p_1,$$

где s_1 – совокупное количество единиц исследуемого объекта обслуживания (магазинов, баров, гостиниц и т. д.) в конкретном туристском центре; p_1 – туристская емкость, равная

$$P_1 = \frac{100}{\sqrt{T_1}},$$

где T_1 – абсолютное количество единиц данного объекта на исследуемой территории. Через ИТС можно дифференцировать несколько иерархических уровней в территориальном распределении базовых и небазовых туристских услуг, тем самым выражая пространственную конфигурацию поляризации туризма. Определяя поляризацию туризма на разных уровнях, можно выявить географические границы в их гравитационном потенциале путем определения интегрированных туристских районов [Biagini, 1986, p. 11].

Заключение. Международная практика показывает, что туристское районирование создает важную основу улучшения территориальной организации туризма для решения таких проблем, как медленное или стихийное развитие, контрастная центр-периферическая структура, выраженная сезонность, монопрофильное развитие структуры туризма и др. В этом отношении не может быть никаких сомнений в его значимости для рационального планирования и управления туризмом. Однако, применение туристского районирования как метода, направленного на выявление пространственных различий в развитии туризма, является процессом строго индивидуальным. Основной проблемой туристского районирования является отсутствие универсального подхода к его проведению, что, в свою очередь, повышает вероятность использования субъективных представлений и проявляется в недооценке или переоценке туристских возможностей территории, постановке сложновыполнимых или нереалистичных целей, необоснованном фаворитизме некоторых критериев за счет игнорирования других и т. п. На сложность районирования туризма, как справедливо отмечает М.А. Саранча, оказывают влияние также множество человеческих занятий, характеризующихся «специфическими требованиями к территории» [Саранча, 2008, с. 30]. В зависимости от силы и масштаба проявления они стимулируют или ограничивают распространение и значение туризма для дифференцируемой территории. Принимая во внимание все это множество факторов, туристское районирование следует понимать как неоднозначный процесс отражения географической действительности, который должен всегда иметь конструктивный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алаев Э.Б. Экономико-географическая терминология. М.: Мысль, 1977. 199 с.
- Александрова А.Ю. Туристские «ловушки» регионально-го развития // Инициативы XXI века. 2014. № 2. С. 52–57.
- Александрова А.Ю. Туристские кластеры: содержание, границы, механизмы функционирования // Современные проблемы развития сервиса и туризма. 2007. № 1. С. 51–61.
- Апостолов Н. Туристически ресурси. Варна: Университетско издателство, 2003. 388 с.
- Асташкина М.В., Козырева О.Н., Кусков А.С., Санинская А.А. География туризма. М.: Альфа-М, 2010. 431 с.
- Бакланов П.Я. Территориальная организация хозяйства и региональное развитие // Вестник АРГО. 2012. № 1. С. 32–49.
- Бъчваров М., Апостолов Н. География на туризма. Варна: Георги Бакалов, 1982. 311 с.
- Голубчик М.М., Макар С.В., Носонов А.М., Файбусович Э.Л. Социально-экономическая география. М.: Юрайт, 2015. 419 с.
- Евдокимов С.П., Макар С.В., Носонов А.М. Теория и методология географической науки. 2-е изд. М.: Юрайт, 2017. 483 с.
- Ердаветов С.Р. География туризма. Алматы: Kazak университети, 2010. 412 с.
- Зырянов А.И., Мышлянцева С.Э. Туристские объекты, районы, кластеры // Туризм в глубине России. 2010. С. 3–10.
- Калуцков В.Н. Геоконцепты в географии // Культурная и гуманитарная география. 2012. Т. 1. № 1. С. 27–36.
- Ковалев Ю.П. Проблемные аспекты туристского районирования // Региональные проблемы России. Труды XII съезда РГО. СПб.: Школа Эпиграф, 2005. № 3. С. 120–125.
- Котляров Е.А. География отдыха и туризма. М.: Мысль, 1978. 240 с.
- Кружалин В.И. Теоретические и методологические подходы к изучению туристско-рекреационных территорий // Туризм и рекреация на пути устойчивого развития. М.: Советский спорт, 2008. С. 7–14.
- Кружалин В.И., Мироненко Н.С., Зигерн-Корн Н.В., Шабалина Н.В. География туризма. М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. 336 с.
- Кръстев В. Относно новото туристическо райониране на България: критични съображения // Проблеми на географията. 2015. № 3–4. С. 21–33.
- Мироненко Н.С., Твердохлебов И.Т. Рекреационная география. М.: МГУ, 1981. 208 с.
- Пирожник И.И. Основы географии туризма и экскурсионного обслуживания. Минск: Университетское, 1985. 253 с.
- Рекреационные системы / Под ред. Н.С. Мироненко, М. Бочварова. М.: МГУ, 1986. 136 с.
- Саранча М.А. Рекреационное районирование по пути российской районной школы и внедрения геоинформационных технологий // Туризм и рекреация на пути устойчивого развития. М.: Советский спорт, 2008. С. 30–47.

Тарасёнок А.И. Геоэкономика туризма. Минск: Новое знание, 2011. 272 с.

Теоретические основы рекреационной географии. М.: Наука, 1975. 224 с.

Biagini E. Proposte per una classificazione dei centri turistici su basi funzionali. La gerarchia dell'Italia settentrionale // QIGFEC, Università di Trieste. 1988. № 3. P. 3–33.

Cabaj W., Kruczek Z. Podstawy geografii turystycznej. Kraków: Proksenia, 2009. 232 p.

Casari M. Geografia e turismo. Elementi per un approccio sistemico sostenibile. Milano: Hoepli, 2008. 242 p.

Dewailly J.-M., Flament E. Geografia del turismo e delle attività ricreative (edizione italiana). Bologna: CLUEB, 1996. 355 p.

Hospers G. The Next Silicon Valley? On the relationship between geographical clustering and public policy // International Entrepreneurship Management Journal. 2009. V. 5. P. 285–299.

Innocenti P. Geografia del turismo. Roma: Carocci, 2002. 221 p.

Lozato-Giotart J.-P. Geografia del turismo. Dallo spazio consumato allo spazio gestito. Milano: Hoepli, 2008. 204 p.

Simonout P. La regione turistica cadorina // QIGFEC, Università di Trieste. 1987. № 5. P. 1–80.

Toschi U. Aspetti geografici dell'economia turistica in Italia // Atti del XVII Congresso Geografico Italiano. Bari, 1957. P. 443–690.

Valussi G. Per una geografia del turismo in Italia // QIGFEC, Università di Trieste. 1986. № 1. P. 1–39.

Электронные ресурсы:
Концепция за ново туристическо райониране на България. София, 2015 [Электронный ресурс]: URL: <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/koncepcia.pdf> (дата обращения: 29.09.2018).

Поступила в редакцию 04.12.2018

После доработки 15.05.2019

Принята к публикации 24.05.2019

V.K. Krystev¹

TOURISTIC ZONING: DISCOURSE ON THE METHOD

The article deals with a synthetic understanding of theoretical and applied aspects of the tourist regionalization method. The study focuses on streamlining the application process as an important precondition for effective planning and management of tourism. It summarizes theoretical and practical experience of selecting the criteria (principles and signs) for identification of tourist regions. The importance of both traditional and innovative signs (such as the image of the territory) that define the nature of tourism regionalization is emphasized. According to the structural characteristics of a territory the regularities were revealed for designing the number, configuration, specialization, name and boundaries of potential tourist regions. Basing on the regularities an original methodological approach to the tourist regionalization is suggested, which reduces typical shortcomings in the course of its application.

Key words: touristic region, tourism system, tourist specialization

REFERENCES

Alaev E.B. Ekonomiko-geograficheskaya terminologiya [Economic-geographical terminology]. Moscow: Mysl', 1977. 199 p. (In Russian).

Alexandrova A.Yu. Turistskie «dovushki» regional'nogo razvitiya [Tourist «traps» of regional development] // Initiatives of the 21st century. 2014. № 2. P. 52–57. (In Russian)

Alexandrova A.Yu. Turistskie klasteri: sodержaniye, granitsy, mehanizmy funktsionirovaniya [Tourist clusters: subject, boundaries, functioning mechanisms] // Modern Problems of Development of Service and Tourism. 2007. № 1. P. 51–61. (In Russian)

Apostolov N. Turisticheskie resursi [Tourist resources]. Varna: University press, 2003. 388 p. (In Bulgarian)

Astashkina M.V., Kozyreva O.N., Kuskov A.S., Saninskaya A.A. Geografiya turizma [Geography of tourism]. Moscow: Alfa-M, 2010. 431 p. (In Russian)

Bachvarov M., Apostolov N. Geografiya na turizma [Geography of tourism]. Varna: Georgi Bakalov press, 1982. 311 p. (In Bulgarian)

Baklanov P.Ya. Territorial'naya organizatsiya hozyaistva i regional'noe razvitiye [Territorial organization of the economy and regional development] // Vestnik ARGO. 2012. № 1. P. 32–49. (In Russian)

Biagini E. Proposte per una classificazione dei centri turistici su basi funzionali. La gerarchia dell'Italia settentrionale // QIGFEC, Università di Trieste. 1988. № 3. P. 3–33.

Cabaj W., Kruczek Z. Podstawy geografii turystycznej. Kraków: Proksenia, 2009. 232 p.

Casari M. Geografia e turismo. Elementi per un approccio sistemico sostenibile. Milano: Hoepli, 2008. 242 p.

Dewailly J.-M., Flament E. Geografia del turismo e delle attività ricreative (edizione italiana). Bologna: CLUEB, 1996. 355 p.

Erdavletov S.R. Geografiya turizma [Geography of tourism]. Almaty: Kazak universiteti, 2010. 412 p. (In Russian)

Evdokimov S.P., Makar S.V., Nosonov A.M. Teoriya i metodologiya geograficheskoi nauki. 2 izdanie [Theory and methodology of geographical science. 2nd edition]. Moscow: Yurait, 2017. 483 p. (In Russian)

Golubchik M.M., Makar S.V., Nosonov A.M., Faibusovich E.L. Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya [Socio-economic geography]. Moscow: Yurait, 2015. 419 p. (In Russian)

Hospers G. The Next Silicon Valley? On the relationship between geographical clustering and public policy // International Entrepreneurship Management Journal. 2009. V. 5. P. 285–299.

Innocenti P. Geografia del turismo. Roma: Carocci, 2002. 221 p.

¹ University of Economics – Varna, Faculty of Management, Department of Economics and Organization of Tourism, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: viliank@ue-varna.bg

- Kalutskov V.N.* Geokontsepty v geografii [Geoconcepts in geography] // Cultural and Human Geography. 2012. V. 1. № 1. P. 27–36. (In Russian)
- Kotlyarov E.A.* Geografiya otdyha i turizma [Geography of recreation and tourism]. Moscow: Mysl', 1978. 240 p. (In Russian)
- Kovalyov Yu.P.* Problemnye aspekty turistskogo rayonirovaniya [Areas of concern in tourist zoning] // Regional problems of Russia – Works XII congress RGS. Saint-Petersburg: Shkola Epigraf, 2005. № 3. P. 120–125. (In Russian)
- Kръстев V.* Otnosno novoto turisticheskoto rayonirane na Bulgariya: kriticheski saobryzheniya [About new tourist zoning of Bulgaria: critical considerations] // Problems of Geography. 2015. V. 3–4. P. 21–33. (In Bulgarian)
- Kruzhalin V.I.* Teoreticheskie i metodologicheskie podhody k izucheniyu turistsko-rekreatsionnyh territorii [Theoretical and methodological approaches to the study of tourist and recreational areas] // Tourism and recreation in the way of sustainable development. Moscow: Sovetskiy sport, 2008. P. 7–14. (In Russian)
- Kruzhalin V.I., Mironenko N.S., Zigern-Korn N.V., Shabalina N.V.* Geografiya turizma [Geography of tourism]. Moscow: Federal'noe agentstvo po turizmu, 2014. 336 p. (In Russian)
- Lozato-Giotart J.-P.* Geografia del turismo. Dallo spazio consumato allo spazio gestito. Milano: Hoepli, 2008. 204 p.
- Mironenko N.S., Tverdohlebov I.T.* Rekreatsionnaya geografiya [Recreational geography]. Moscow: MGU, 1981. 208 p. (In Russian)
- Pirozhnik I.I.* Osnovy geografii turizma i ekskursionnogo obsluzhivaniya [Basics of the geography of tourism and excursion service]. Minsk: Universitetskoe, 1985. 253 p. (in Russian)
- Rekreatsionnye sistemy [Recreational systems] edited by N.S. Mironenko and M. Bachvarov. Moscow: MGU, 1986. 136 p. (In Russian)
- Sarancha M.A.* Rekreatsionnoe rayonirovanie po puti rossiskoj rayonnoj shkoly i vnedreniya geoinformatsionnyh tehnologiy [Recreational zoning along the path of the Russian regional school and the introduction of geo-information technologies] // Tourism and Recreation in the Way of Sustainable Development. Moscow: Sovetskiy sport, 2008. P. 30–47. (In Russian)
- Simonout P.* La regione turistica cadorina // QIGFEC, Universita di Trieste. 1987. № 5. P. 1–80.
- Tarasyonok A.I.* Geoekonomika turizma [Goeconomics of tourism]. Minsk: Novoe znanie, 2011. 272 p. (In Russian)
- Teoreticheskie osnovy rekreatsionnoj geografii [Theoretical basics of recreational geography]. Moscow: Nauka, 1975. 224 p. (In Russian)
- Toschi U.* Aspetti geografici dell'economia turistica in Italia // Atti del XVII Congresso Geografico Italiano. Bari, 1957. P. 443–690.
- Valussi G.* Per una geografia del turismo in Italia // QIGFEC, Universita di Trieste. 1986. № 1. P. 1–39.
- Zyryanov A.I., Myshlyavtseva S.E.* Turistskie ob'ekty, rayony, klastery [Tourist objects, areas, clusters] // Turizm v Glubine Rossii. 2010. P. 3–10. (In Russian)
- Web-sources:*
Kontseptsiya za novo turisticheskoto rayonirane na Bulgariya [The Concept of new tourist zoning of Bulgaria]. Sofia, 2015. [Elektronnyj resurs]: URL: <http://www.tourism.government.bg/sites/tourism.government.bg/files/uploads/raionirane/koncepcia.pdf> (Accessed: 29.09.2018). (In Bulgarian)

Received 04.12.2018

Revised 15.05.2019

Accepted 24.05.2019

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.338 (100/510)

Н.А. Слуга¹, Т.Х. Ткаченко²

КИТАЙ НА ПОРОГЕ ТРЕТЬЕГО ГЛОБАЛЬНОГО ИНТЕГРАЦИОННОГО ЦИКЛА

На базе синтеза страноведческого и мирохозяйственного подходов анализируются условия, факторы и предпосылки возвышения Поднебесной в международном сообществе и превращения ее в «мировую фабрику» в рамках второго глобального интеграционного цикла. Оценивается изменение позиционирования страны в ключевых геоэкономических структурах и потоках. Отмечается, что «китайский фактор» оказывает все более существенное влияние на развитие не только глобальных рынков, но и современных мирополитических процессов через широкое использование инструментов «мягкой силы». Предполагается, что реализация новой стратегии Китая, проходящей проверку на базе глобального проекта «Один пояс – один путь», приведет к кардинальной трансформации архитектуры мироустройства и третий глобальный интеграционный цикл вполне может обрести наименование *Pax Sinica*.

Ключевые слова: мировое хозяйство, пространственная структура, глобальные интеграционные циклы, Китай, *Pax Sinica*

Введение. Современный этап глобализации характеризуется усилением взаимодействия и взаимозависимости стран мира, несмотря на некоторое торможение этого процесса и ограничения, связанные со стремлением ряда стран избежать его негативных последствий. В условиях турбулентности внешнеэкономической ориентации новой администрации США и мирового развития в целом Китай готов взять на себя роль одного из центров глобализации. Об этом свидетельствует речь Председателя КНР Си Цзиньпина на Всемирном экономическом форуме в Давосе в январе 2017 г., где он заявил: «...мы должны адаптироваться к экономической глобализации, сгладить негативный эффект от нее и привести ее положительное влияние во все страны. Нравится это вам или нет, глобальная экономика – большой океан, от которого невозможно скрыться» [Бедность вместо глобализации, 2017]. Изучение позиционирования современного Китая в ведущих геоэкономических и геополитических структурах [Гитер с соавт., 2015; Колосов с соавт., 2016] и перспективы смены мирового лидерства (что может привести к кардинальной трансформации архитектуры мироустройства) представляется важной научной задачей. Ее решение требует анализа широкого круга вопросов, включая: предпосылки и факторы укрепления позиций Поднебесной в международном сообществе в условиях глобализации и превращения ее в «мировую фабрику»; место страны на отдельных глобальных рынках, в процессе транснационализации экономики, системе трансграничных цепочек добавленной стоимости, международном движении инвестиций; рост влияния на раз-

витие мирополитических процессов, а также выстраивание партнерских отношений, в том числе в рамках глобальных проектов. Часть из них раскрыта в завершившемся в самом конце 2018 г. исследовании, объединившего усилия более 40 ученых разных областей знания. Его основные результаты опубликованы в коллективной монографии, посвященной памяти доцента кафедры географии мирового хозяйства, крупнейшего географа-китаеведа Е.Н. Самбуровой [На пути к Китайскому миру ..., 2018]. Несмотря на представительную корпус-коллекцию произведений о стране-гиганте, это, по сути, первый за последние десятилетия капитальный труд по Китаю в отечественной социально-экономической географии. Цель статьи – по мотивам выполненного исследования предварительно оценить возможности возникновения китаецентричной системы международного порядка при переходе к третьему глобальному интеграционному циклу.

Материалы и методы исследований. Исследование выполнено на стыке страноведческого и мирохозяйственного подходов; опирается на теорию длинных циклов мирового развития Н.Д. Кондратьева [Кондратьев, 1993] и идею цикличности глобализационных процессов [Самбурова, Мироненко, 2017]. Принятая методология акцентирует значимость географического изучения теснейшей взаимосвязи эндо- и экзогенных факторов социально-экономического развития, оптимизация которой – путь как к смягчению внутренних территориально-хозяйственных диспропорций страны, так и к ее возвышению в глобальной экономике и мировой системе в целом. Эти две траектории получают раскры-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра географии мирового хозяйства, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: sluka2011@yandex.ru

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

тие в ходе исследования Китая на новейшем материале, представленном в национальных статистических ежегодниках [China Statistical Yearbook, 2000–2017; и др.], изданиях международных организаций, включая ООН (см. например, UNIDO ..., https://stat.unido.org/content/dataset_description/indstat-2-2018%252c-isic-revision-3), Всемирный банк, Международный валютный фонд, и в иных источниках информации, с применением арсенала общенаучных и конкретно-научных методов, включая эконометрический, историко-географический, сравнительно-географический, экспертной оценки.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе истории постоянно меняются векторы и лидеры мирового развития. Мирохозяйственные (глобализационные), как и другие исторические процессы, будучи тесно связанными с «кондратьевскими волнами», имеют не только поступательную, но и циклическую составляющую, которая отражает подъемы и спады планетарной интеграции [Мироненко, Гитер, 2016]. Фаворит первого интеграционного цикла – Англия, поскольку в середине XIX в. страна производила половину мировой промышленной продукции. Время ее господства, продолжавшееся вплоть до окончания Первой мировой войны, вошло в историю как *Pax Britannica*. Глубокая дезинтеграция мирового хозяйства в 1914–1945 гг. стала результатом не только ошибочных политических решений, но и объективных социально-экономических процессов. Второй глобальный интеграционный цикл, то есть нынешняя глобализация, начался с завершением Второй мировой войны и закономерно вошел в историю как *Pax Americana* (в 1945 г. американская экономика составляла половину мировой). За его окончание можно принять череду современных кризисов и рецессий с возможным апогеем в 2008 г., обусловленных поворотной точкой мирового развития, лежащей в самом низу понижательной фазы пятого цикла Н.Д. Кондратьева. Сейчас уже налицо классические признаки глобальной дезинтеграции: отставание темпов роста мировой торговли от темпов роста мировой экономики и усиление протекционизма (они, разумеется, взаимосвязаны) [Шупер, 2017]. Бесспорна и утрата безоговорочного могущества США, экономика которых к концу второго десятилетия XXI в., согласно данным Всемирного банка, составляет уже менее четверти мировой [The World Bank, <http://worldbank.org/data/>]. Для многих экспертов все это служит основанием полагать, что через одно–два десятилетия начнется третий глобальный интеграционный цикл, но это будет уже интеграция вокруг другого лидера.

Удачно найденное сопряжение внутренних и внешних факторов экономического роста – залог стремительного расцвета Китая. Один из сравнительно неожиданных для многих западных экономистов и политиков результатов второго глобального интеграционного цикла – быстрое возвышение ранее традиционно «отсталого» и «закрытого» Китая, который в сжатые сроки совершил относительно безболезненный переход от плановой экономики

советского образца к работающей рыночной модели смешанного типа. Слагающие успеха китайских реформ известны: это и постепенная «двухколейная» реформа ценообразования, и комплекс рыночных мер в сельском хозяйстве, и изменение системы управления госпредприятиями, и децентрализация административной системы, и поэтапное развитие банковской сферы и рынка капитала. Не менее значимой является и политика внешней открытости, благодаря которой страна вышла из изоляции и активно использует зарубежный опыт и инвестиции для модернизации всех сфер жизни. Благодаря грамотной политике руководства, Китай смог максимально эффективно реализовать свои конкурентные преимущества, включая дешевую рабочую силу, огромный потенциал внутреннего рынка, а также возможности экономической глобализации. В результате целенаправленного осуществления целой группы крупных программ он превратился в «мировую фабрику», выпускающую широкий ассортимент изделий, и занял в мировом хозяйстве нишу крупнейшего производителя промышленной продукции. За четыре десятилетия реформ доля Китая в мировом ВВП по паритету покупательной способности (ППС) увеличилась с 2,3% в 1980 г. до 18,3%, по оценкам Международного валютного фонда [The International Monetary Fund, <https://www.imf.org/external/>], в 2017 г. Таким образом, страна заняла лидирующие позиции по этому показателю, опередив США. По величине ВВП по валютному курсу она уступает США, находясь на второй позиции в мире. Внешнеторговый оборот Поднебесной за 1978–2017 гг. увеличился в 200 раз с 20 млрд долл. до 4,2 трлн долл. В 2009 г. она вышла на первое место по объему товарного экспорта и прочно сохраняет его (табл. 1). Ныне именно Китай в значительной степени определяет состояние многих товарных рынков, спрос на сырьевые товары, устойчивость развития мирового хозяйства в целом. В последнее время становится все более заметным, с одной стороны, усиление воздействия процесса глобализации на китайскую экономику, а с другой – нарастание значимости «китайского фактора» в развитии мирового хозяйства [Самбура, Мироненко, 2016].

Ныне страна, отличаясь сверхбыстрыми темпами экономического роста и на равных соперничая с признанными авторитетами на самых разных глобальных отраслевых рынках, плотно, но не афишируя, «подпирает» номинального лидера мирового хозяйства – США – по всем позициям. Материалы исследования убедительно доказывают, что Китай не собирается оставаться индустриальным придатком Запада. Во-первых, он уже давно возглавляет процессы урбанизации, индустриализации и научно-технического прогресса всего развивающегося мира. В результате произошли кардинальные изменения не только в «табеле о рангах» глобальной экономики, но и в общей расстановке сил в системе отношений Центр – Периферия за счет быстрого укрепления места Полупериферии (табл. 2). Во-вто-

Таблица 1

Некоторые сравнительные данные экономики Китая, США и России, 2016/2017 г.

Показатели	Китай	США	Россия	Мир
Население, млн чел., 2017 г.	1382,7	323,3	146,5	7285,0
ВВП номинальный, трлн долл., 2017 г.	11,9	19,3	1,5	79,3
ВВП по ППС, трлн долл., 2017 г.	23,1	19,3	4,0	126,6
Внешнеторговый оборот, трлн долл., 2016 г.	4,3	4,9	0,6	21,0
Товарный экспорт, трлн долл., 2016 г.	2,1	1,4	0,3	16,0
Доля наукоемкого сектора* в номинальном ВВП, %, 2016 г.	35	38	20	33

* Традиционно в расчеты по наукоемкому сектору экономики (КТИ – knowledge- and technology-intensive industries) включаются пять отраслей сервисной сферы (общественные услуги – здравоохранение, образование; коммерческие услуги – бизнес-услуги, финансовые услуги, информационные услуги) + пять высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности (авиа-ракето-космический комплекс; коммуникационное оборудование и компьютеры; полупроводники; фармацевтика; контрольно-измерительное оборудование). В 2018 г. методика расчета поменялась, в настоящее время включаются и данные по средне- и высокотехнологичному сектору, а именно данные по объемам производства в пяти отраслях обрабатывающей промышленности – автомобилестроение и автокомплектующие; электротехника, механизмы и оборудование, химическая промышленность (без фармацевтики); железнодорожное и другое транспортное оборудование.

Составлено по: [Хохлов, 2018; Science and Engineering Indicators, 2018].

Таблица 2

Изменение места Китая среди стран-лидеров в мировой обрабатывающей промышленности, 2005–2016 гг. (в постоянных ценах, 2010 г.)

Страна	Доля в мировой обрабатывающей промышленности, %			Продукция обрабатывающей промышленности в расчете на душу населения, долл.	
	2005	2010	2016*	2005	2016*
Китай	11,66	18,51	24,36	1431,9	2170,2
США	20,27	17,64	15,99	5905,6	6074,6
Япония	11,02	10,31	8,73	8404,0	8514,2
Германия	7,29	6,57	6,29	8478,9	9595,0
Индия	2,00	2,71	3,44	228,3	319,4
Республика Корея	2,51	2,93	3,10	6192,7	7556,8
Италия	3,67	2,91	2,36	5068,1	4854,5
Франция	3,10	2,58	2,30	4256,6	4380,5
Бразилия	2,88	2,71	1,84	1414,8	1080,9
Великобритания	2,66	2,15	1,84	3555,7	3475,2
Индонезия	1,55	1,60	1,83	687,1	866,0
Мексика	1,89	1,68	1,66	1466,9	1593,6
Россия	2,12	1,88	1,64	1362,1	1409,6
Мир, всего	100,0	100,0	100,0	1500,1	1660,8

* UNIDO – оценка.

Источник: Составлено И.А. Родионовой [UNIDO. Industrial Statistics Database. INDSTAT4 – 2017 edition, https://stat.unido.org/content/dataset_description/indstat-2-2018%252c-isis-revision-3].

рых, налицо концентрация усилий на приоритетном развитии высокотехнологичных отраслей национального хозяйства.

Укрепление позиций Китая в инновационных сферах, в магистральных направлениях научно-технического прогресса хорошо отражает изменение

доли наукоемкого сектора в производимом ВВП. Согласно данным периодического издания Национального статистического центра науки и инжиниринга США [Science and Engineering Indicators, 2018], на 2016 г. добавочная стоимость, полученная в наукоемком секторе, составляла примерно 1/3 от ми-

рового ВВП³; чуть менее 2/5 – в США, но в Китае, увеличившем с 2003 г. объемы производства высокотехнологичной продукции почти в шесть раз, не намного ниже – 35% (для сравнения, в России – 20%). Совершив за последнее десятилетие мощный рывок, Китай по доле в мировом производстве высокотехнологичной продукции в 2008 г. превзошел Японию, в 2012 г. – ЕС и вплотную приблизился к США (24% против 31% в 2016 г.). Он же занимает лидирующую позицию в мировом экспорте продукции наукоемкого сектора (24%) и имеет большое положительное сальдо в торговле⁴. Хотя, за период с 2011 г. по 2016 г. экспорт высокотехнологичной продукции из Китая резко замедлился по сравнению с 2001–2008 гг.; упало и положительное сальдо торговли. Знаменательно, что это отчетливо наблюдающееся замедление можно считать началом переориентации развития Китая с экспортно-ориентированной модели на модель роста, опирающегося на развитие внутреннего спроса и рынка.

Позиционирование современного Китая в мировом сообществе далеко не ограничивается только экономической нишей. Уже к началу XXI в. страна превратилась в глобальную супердержаву с интересами в Африке, на Ближнем Востоке, в Латинской Америке и Океании, а «китайский фактор» оказывает существенное влияние на развитие современных мирополитических процессов. Намеренно отказавшись от конкуренции в области идеологии, оставаясь твердым приверженцем принципов ООН, входя во многие международные организации и активно проводя политику «мягкой силы»⁵ на разных территориальных уровнях – глобальном, региональном и субрегиональном – по семи основным направлениям [Михневич, 2014]: 1) распространение и популяризация языка; 2) продвижение традиционной и современной культуры; 3) расширение образовательных контактов; 4) развитие экономических связей и научно-техническое сотрудничество; 5) содействие международному развитию; 6) развитие общественной дипломатии; 7) поддержка соотечественников [Слука с соавт., 2018]; Китай продолжает уверенно набирать вес во всех сферах международных отношений, включая политическую, военно-стратегическую и социокультурную.

В плане реализации политики «мягкой силы» особо показательны два свежих примера из разных

тематических областей. Во-первых, состоялся своего рода прорыв в сфере образования для иностранцев. В конце 2015 г. в более чем 800 вузах страны обучалось 398 тыс. зарубежных студентов. За границей Китай инвестировал в создание 525 Институтов Конфуция (в вузах) и 1113 классов Конфуция (в школах), в которых насчитывается более 5 млн слушателей в год. Во-вторых, планомерно реализуются намерения «поглощения Европы». За последние шесть лет китайские капиталовложения в экономику ЕС увеличились в 10 раз [За последние несколько лет ..., 2017]. Только в 2016 г., по данным консалтинговой компании EY, они выросли почти втрое – с 30,1 млрд долл. до 85,8 млрд долл. За этот год китайцы приобрели 309 европейских компаний или доли в них. По числу таких объектов первое место заняла Германия (68 приобретений), второе – Великобритания (47), третье – делят Франция и Италия (по 34). Для сравнения, почти десять лет назад, в 2007 г., китайцы купили в Европе только 51 компанию [Рождественская, 2017]. При понятных приоритетах китайские инвестиции имеют широкую географию, их можно обнаружить во всех без исключения государствах региона. В частности, еще в 2012 г. для налаживания сотрудничества со странами Центральной и Восточной Европы запущен проект «16+1»⁶. Его главная цель – получение доступа к технологиям и исследованиям, международным каналам продаж и узнаваемым брендам, обеспечение поставок сырья для китайской экономики. Дополнительной целью предприятий Поднебесной является инвестирование в проекты в области внешней инфраструктуры, а также предоставление льготных кредитов для проектов, реализуемых китайскими подрядчиками [Беляков, 2017].

Для текущей «проверки» верности стратегического курса к мировому лидерству Китаем избран глобальный проект «Один пояс – один путь» [Совместное строительство, 2017], запущенный в 2013 г. Руководство страны видит пять ключевых смысловых аспектов проекта [Чубаров, Калашников, 2018]: 1) политическая координация; 2) взаимосвязь инфраструктуры; 3) бесперебойная торговля; 4) свободное передвижение капитала; 5) укрепление близости между народами. Он должен показать стремление Китая не только к рациональному устранению территориально-отраслевых

³ Отметим, что из этой величины около 15% приходилось на коммерческие услуги, 9% – на общественные, 4% – на производства средние- и высокотехнологичного сектора и около 2% – на высокотехнологичный сектор.

⁴ Столь высокая доля Китая в мировом экспорте есть результат традиционных методов измерения торговых потоков по валовой стоимости продукта, пересекающего международную границу. Предприятия Организацией экономического сотрудничества и развития и Всемирной торговой организацией инициативы пересчета мировых торговых потоков на основе чистой добавленной стоимости значительно понижают позиции Китая. Так, доля Китая в экспорте компьютеров, электрического оборудования, оптики по традиционным методам расчета составила в 2016 г. 33%, а по методике добавленной стоимости – 19% (хотя это все равно первое место в глобальном экспорте этих продуктов). И с другой стороны, США становятся на значительно более высокую позицию в рейтинге стран, участвующих в мировой торговле, поскольку по новой методике им «приписывается» экспорт электронных комплектующих, используемых в конечной сборке продукта на территории Китая.

⁵ Термин «мягкая сила» (*soft power*) трактуется часто по-разному. В Китае в это понятие вкладывается, главным образом, конфуцианская мудрость и культурная самобытность, которыми следует руководствоваться при принятии решений во внешней политике государства [Касаткин, Ивкина, 2018].

⁶ В него входят 11 стран ЕС и пять балканских стран (Албания, Болгария, Босния и Герцеговина, Венгрия, Латвия, Литва, Македония, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Хорватия, Черногория, Чехия, Эстония).

перекосов в национальной экономике и снятию ряда социальных противоречий, но и к ответственному участию в интеграционных процессах на макрорегиональном уровне: высветить спектр проблем, возможности и способности организации новых «точек роста», тем самым раскрывая реальный потенциал притязаний на мировое лидерство. Этот евразийский геополитический проект, основой которого должны стать равенство, баланс интересов, взаимовыгодность и всеобщее развитие, призван обозначить главные черты нового миропорядка. Уже сейчас он объединяет почти семь десятков государств с населением около 4,5 млрд чел. и оказывает серьезное влияние на ключевые процессы современности – ход глобализационного движения, трансформации в системе международного разделения труда, изменение роли и значения транснациональных корпораций, терциализацию и неоиндустриализацию экономики развитых стран и многие другие.

Российско-китайский стратегический тандем на пороге третьего глобального интеграционного цикла. Реализация амбиций Поднебесной в условиях мирохозяйственного перехода весьма остро ставит вопрос о ближайших и надежных партнерах, среди которых особое место занимает Россия. Для возникновения союзных отношений между двумя странами-гигантами выгодно уже их геостратегическое положение, родственность по общегеографическим размерным «габаритам» и богатая история позитивного взаимодействия. Китай и Россия обладают мощным военно-экономическим потенциалом, значительным политическим весом на международной арене и способны оказать друг другу реальную и эффективную помощь при решении важных международных проблем. Несимметричность их экономического и научно-технологического развития компенсируется взаимными дополнениями. Несмотря на необходимость дальнейшей проверки гипотезы о жизнеспособности российско-китайского экономического взаимодействия вне постсоветского пространства, на текущем историческом этапе у Китая и России нет острых противоречий, в том числе в отношении видения желаемого мироустройства. Обе страны отстаивают многополярную модель в мире глобализации. Общим противником для них являются претендующие на глобальное доминирование США, открыто объявившие Россию угрозой своим интересам, а Китай – экономическим конкурентом, что в преддверии третьего глобального интеграционного цикла делает последних естественными союзниками.

Выводы:

– состояние неопределенности и турбулентности в современном мировом хозяйстве тесно связано с изменениями в пространственной конфигурации мирового развития в условиях мирохозяйственного перехода в макротехнологической структуре геоэкономики, что объяснимо в рамках теории длинных циклов Н.Д. Кондратьева. Адаптация к новой ситуации вызовет не только уход старых технологий и организационных структур и появление пропульсивных отраслей хозяйства и новых институцио-

нальных возможностей, но и пространственное переустройство мира;

– в исторически сжатые сроки благодаря грамотной политике руководства Китая, осуществив комплекс хозяйственных и иных реформ, вошел в число крупнейших экономик мира и на равных соперничает на многих глобальных рынках с признанными авторитетами. Экономические успехи и укрепление позиций во всех сферах международных отношений за счет активного проведения политики «мягкой силы» позволяет размышлять о быстром росте глобальной конкурентоспособности Поднебесной на этапе мирохозяйственного перехода;

– в целом выход Китая на мировое лидерство – не прогнозный сценарий, а давно идущий процесс, и с учетом особого стратагемного мышления китайцев можно предположить, что Пекин скорее ориентирован доминировать в мировой цивилизации «из тени», внешне оставаясь на вторых ролях. Иными словами, глобальное лидерство Китая – не цель, а скорее национальная идея, не требующая конкретных временных сроков, но способная идеологически мобилизовать китайское общество на стабильное и динамичное развитие через качественную внутреннюю трансформацию;

– с учетом «атомизации» Запада, который вместо мобилизации сил на эпохальном историческом рубеже до сих пор превозносит крушение советского блока и СССР, и отсутствия у России должного экономического базиса (см. табл. 1), активно-прагматической внешней политики и претензий на мировое верховенство, можно прогнозировать закономерное возникновение в ближайшем будущем китаецентричной системы международного порядка. В рамках третьего глобального интеграционного цикла мировое лидерство впервые за последние 500 лет, вполне вероятно, уйдет за пределы глобального Запада, и этот период истории по аналогии с британской и американской гегемонией в мире (лат. *Pax Britannica* и *Pax Americana*) может получить наименование *Pax Sinica*. Хотя Пекин вынужден будет еще предложить миру свой «цивилизационный проект»;

– результаты исследования содержат ценный конструктив для России и других стран, ищущих базу для своего «startup» или претендующих на вхождение в клуб мировой элиты. Опыт Китая может быть полезен при разработке национальных программ ускоренного социально-экономического развития, принципов регулирования развития отдельных отраслей хозяйства, подходов к формированию мощного блока материнских транснациональных корпораций, для совершенствования использования механизмов «мягкой силы» и по многим другим направлениям;

– все упомянутое актуализирует изучение Китая, делает его естественным и особо значимым объектом познания для географов-мирохозяйственников и географов-китаеведов, а социально-экономическую географию в целом выдвигает в качестве центрального интеграционного звена при проведении междисциплинарных исследований эволюции места стран-гигантов в глобализирующемся мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бедность вместо глобализации // Эксперт. 2017. № 4 (1014). URL: <http://expert.ru/expert/2017/04/bednost-vmesto-globalizatsii/>
- Беляков Д. Стратегия Пекина в Центральной Европе // СОНАР 2050. 01.12.2017. URL: <http://www.sonar2050.org/publications/kitayskiy-proekt-161-mify-i-realnost/>.
- Гитер Б.А., Гречко Е.А., Колосов В.А. и др. Основные направления исследований географии мирового хозяйства // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 6. С. 3–10.
- За последние несколько лет КНР резко увеличила объем прямых инвестиций в страны ЕС. Сколько Китай вкладывает в Европу – в инфографике Sputnik. 03.11.2017. URL: <http://sputnik.by/infographics/20171103/1031743903/kitajskie-investicii-v-strany-es.html>.
- Касаткин П.И., Ивкина Н.В. Культурная и образовательная составляющие «мягкой силы» ЕС // Сравнительная политика. 2018. Т. 9. № 1. С. 26–36.
- Колосов В.А., Гречко Е.А., Мироненко К.В. и др. Горизонты исследований в области географии мирового хозяйства // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 1. С. 3–12.
- Кондратьев Н.Д. Избранные сочинения. М.: Экономика, 1993. 543 с.
- Мироненко Н.С., Гитер Б.А. Мирохозяйственный переход в начале XXI века: макротехнологические и пространственные трансформации // География мирового хозяйства: традиции, современность, перспективы / Под ред. В.А. Колосова, Н.А. Слуки. М.; Смоленск: Ойкумена, 2016. С. 40–48.
- Михневич С.В. Панда на службе Дракона: основные направления и механизмы политики «мягкой силы» Китая // Вестник международных организаций. 2014. Т. 9. № 2. С. 95–129.
- На пути к Китайскому миру: коллективная монография / Под ред. Н.А. Слуки. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2018. 356 с.
- Рождественская Я. Китайские инвестиции в Европу достигли рекордного уровня // Коммерсантъ. 26.01.2017. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3201876>.
- Самбурова Е.Н., Мироненко К.В. «Китайское экономическое чудо» в мирохозяйственном измерении // Региональные исследования. 2016. № 3(53). С. 149–157.
- Самбурова Е.Н., Мироненко К.В. Китай в мировом хозяйстве в контексте глобализации // Мировое и национальное хозяйство. 2017. № 1(40). URL: <http://mirec.ru/upload/ckeditor/files/mirec-2017-1-samburova-mironenko.pdf>.
- Совместное строительство «Одного пояса, одного пути»: идея, практика и вклад Китая. Пекин: Изд-во лит-ры на ин. языках, 2017. 75 с.
- Хохлов А.В. Справочные материалы по географии мирового хозяйства 2018. Статистический сборник. 2018. URL: <https://api.exporthedu.ru/api/documents/78/download>.
- Чубаров И.Г., Калашиников Д.Б. «Один пояс – один путь»: Глобализация по-китайски // Мировая экономика и международные отношения. 2018. Т. 62. № 1. С. 25–33.
- Шулер В. Самоорганизация при переломе траектории: переход к интенсивному развитию // Экономика, кризисы, риски, безопасность, самоорганизация. 22.11.2017. Сайт С.П. Курдюмова. URL: <http://spkurdyumov.ru/economy/samoorganizaciya-pri-perelome-traektorii-perexod-k-intensivnomu-razvitiyu/>.
- China Statistical Yearbook. Beijing, 2000–2017.
- Science and Engineering Indicators 2018. Arlington, VA: National Science Foundation, 2018.
- Sluka N.A., Korobkov A.V., Ivanov N.P. The Chinese Diaspora in the EU Countries // Baltic Region. 2018. V. 10. № 3. P. 80–95.
- Электронные ресурсы:
- The International Monetary Fund, 2018 [Электронный ресурс]: URL: <https://www.imf.org/external/> (дата обращения 20.12.2018).
- The World Bank, 2017 [Электронный ресурс]: URL: <http://worldbank.org/data/> (дата обращения 20.12.2018).
- UNIDO. Industrial Statistics Database. INDSTAT4 – 2017 edition [Электронный ресурс]: URL: https://stat.unido.org/content/dataset_description/indstat-2-2018%252c-istic-revision-3 (дата обращения 20.12.2018).

Поступила в редакцию 27.12.2018
После доработки 08.04.2019
Принята к публикации 24.05.2019

Н.А. Sluka¹, Т.Кh. Tkachenko²

**CHINA ON THE EDGE OF THE THIRD
GLOBAL INTEGRATION CYCLE**

By synthesizing country studies and world economy approaches the conditions, factors and prerequisites for the rise of China in the international community and its transformation into a «world factory» during the second global integration cycle are analyzed. Changes in the country's positioning in key geo-economic structures and flows are assessed. The «Chinese factor» has an increasingly significant impact on the development of both global markets and modern world political processes through a widespread application of «soft power» tools. It is expected that the implementation of a new strategy of China, which is tested on the basis of the «One belt and one road» global project will lead to a fundamental transformation of the world order architecture and the third global integration cycle may become called *Pax Sinica*.

Key words: world economy, spatial structure, global integration cycles, China, *Pax Sinica*

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: sluka2011@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of World Economy, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: maryasha_t@mail.ru

REFERENCES

- Bednost' vmesto globalizatsii [Poverty instead of globalization] // *Ekspert*. 2017. № 4 (1014). URL: <http://expert.ru/expert/2017/04/bednost-vmesto-globalizatsii/>. (In Russian)
- Belyakov D. Strategiya Pekina v Central'noj Evrope [The strategy of Beijing in Central Europe] // *SONAR 2050*. 01.12.2017. URL: <http://www.sonar2050.org/publications/kitayskiy-proekt-161-mify-i-realnost/>. (In Russian)
- China Statistical Yearbook. Beijing, 2000–2017.
- Chubarov I.G., Kalashnikov D.B. «Odin poyas – odin put'»: Globalizatsiya po-kitajski [«One belt and one road»: the Chinese brand of globalization] // *Mirovaya Ehkonomika i Mezhdunarodnye Otnosheniya*. 2018. T. 62. № 1. P. 25–33. (In Russian)
- Giter B.A., Grechko E.A., Kolosov V.A. et al. Osnovnye napravleniya issledovaniy geografii mirovogo hozyajstva [Main directions of research in the geography of world economy] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2015. № 6. P. 3–10. (In Russian)
- Hohlov A.V. Spravochnye materialy po geografii mirovogo hozyajstva 2018. Statisticheskij sbornik. 2018. [Reference materials on the geography of world economy 2018. Statistical compendium. 2018.]. URL: <https://api.expertedu.ru/api/documents/78/download>. (In Russian)
- Kasatkin P.I., Ivkina N.V. Kul'turnaya i obrazovatel'naya sostavlyayushchie «myagkoj sily» ES [Cultural and educational components of EU «soft power»] // *Sravnitel'naya Politika*. 2018. T. 9. № 1. P. 26–36. (In Russian)
- Kolosov V.A., Grechko E.A., Mironenko K.V. et al. Gorizonty issledovaniy v oblasti geografii mirovogo hozyajstva [Horizons of research in the field of geography of the world economy] // *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 5. Geografiya*. 2016. № 1. P. 3–12. (In Russian)
- Kondrat'ev N. D. Izbrannye sochineniya [Selected works]. M.: Ekonomika, 1993. 543 p. (In Russian)
- Mihnevich S.V. Panda na sluzhbe Drakona: osnovnye napravleniya i mekhanizmy politiki «myagkoj sily» Kitaya [Panda in the service of Dragon: main directions and mechanisms of China's «soft power» policy] // *Vestnik Mezhdunarodnyh Organizacij*. 2014. T. 9. № 2. P. 95–129. (In Russian)
- Mironenko N.S., Giter B.A. Mirohozyajstvennyj perekhod v nachale XXI veka: makrotekhnologicheskie i prostranstvennyye transformatsii [World economic transition in the early 21st century: macro-technological and spatial transformations] // *Geografiya mirovogo hozyajstva: traditsii, sovremennost', perspektivy* / V.A. Kolosov, N.A. Sluka (eds.). M.; Smolensk: Ojkumena, 2016. P. 40–48. (In Russian)
- Na puti k Kitajskomu miru: kollektivnaya monografiya [On the way to Pax Sinica: a collective monograph] / N.A. Sluka (ed.). M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2018. 356 p. (In Russian)
- Rozhdestvenskaya Y. Kitajskie investicii v Evropu dostigli rekordnogo urovnya [Chinese investment in Europe reached record levels] // *Kommersant*. 26.01.2017. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3201876>. (In Russian)
- Samburova E.N., Mironenko K.V. «Kitajskoe ehkonomicheskoe chudo» v mirohozyajstvennom izmerenii [«Chinese economic miracle» in the world economic dimension] // *Regional'nye issledovaniya*. 2016. № 3(53). P. 149–157. (In Russian)
- Samburova E.N., Mironenko K.V. Kitaj v mirovom hozyajstve v kontekste globalizatsii [China in the world economy in the context of globalization] // *Mirovoe i nacional'noe hozyajstvo*. 2017. № 1(40). URL: <http://mirec.ru/upload/ckeditor/files/mirec-2017-1-samburova-mironenko.pdf>. (In Russian)
- Science and Engineering Indicators 2018. Arlington, VA: National Science Foundation, 2018.
- Shuper V. Samoorganizatsiya pri perelome traektorii: perekhod k intensivnomu razvitiyu [Self-organization at the turn of trajectory: transition to intensive development] // *Ekonomika, krizisy, riski, bezopasnost', samoorganizatsiya*. 22.11.2017. Sajt S.P. Kurdyumova. URL: <http://spkurdyumov.ru/economy/samoorganizatsiya-pri-perelome-traektorii-perexod-k-intensivnomu-razvitiyu/>. (In Russian)
- Sluka N.A., Korobkov A.V., Ivanov N.P. The Chinese Diaspora in the EU Countries // *Baltic Region*. 2018. V. 10. № 3. P. 80–95.
- Sovmestnoe stroitel'stvo «Odnogo poyasa, odnogo puti»: ideya, praktika i vklad Kitaya. [Joint construction of «One belt, one road»: idea, practice and contribution of China]. Pekin: Izd-vo Lit-ry na In. Yazykah, 2017. 75 p. (In Russian)
- Za poslednie neskol'ko let KNR rezko uvelichila ob'em pryamyh investitsij v strany ES. [Over the past few years, China has sharply increased the volume of direct investment in the EU]. Skol'ko Kitaj vkladyvaet v Evropu – v infografike Sputnik. 03.11.2017. URL: <http://sputnik.by/infographics/20171103/1031743903/kitajskie-investicii-v-strany-es.html>. (In Russian)
- Web-sources:
- The International Monetary Fund, 2018 [Elektronnyj resurs]: URL: <https://www.imf.org/external/> (access date 20.12.2018).
- The World Bank, 2017 [Elektronnyj resurs]: URL: <http://worldbank.org/data/> (access date 20.12.2018).
- UNIDO. Industrial Statistics Database. INDSTAT4 – 2017 edition [Elektronnyj resurs]: URL: https://stat.unido.org/content/dataset_description/indstat-2-2018%252c-isic-revision-3 (access date 20.12.2018).

Received 27.12.2018

Revised 08.04.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 911.374.1(635.1)

А.В. Русанов¹

ДИНАМИКА ДАЧНОГО РАССЕЛЕНИЯ ПОДМОСКОВЬЯ

В работе рассмотрены особенности дачного расселения Подмосковья (Московской области) как модельного для Российской Федерации региона. На основе анализа особенностей государственно-правового регулирования показано изменение доминирующих функций подмосковных дач с конца XIX в. до настоящего времени. Вследствие послевоенной продовольственной политики советского государства, при которой стали массово выдаваться садовые участки для ведения индивидуального сельского хозяйства, сформировалось большое количество преимущественно сезонно обитаемых поселений, дополняющих традиционную сеть сельских и городских населенных пунктов. Переходный период 1990-х годов обусловил правовую неоднородность этих поселений. В работе рассмотрены изменения в современном законодательстве, призванные урегулировать правовые конфликты, связанные с дачными участками. На основе официальных статистических источников (Всероссийских сельскохозяйственных переписей населения 2006 и 2016 гг., реестра дачников Московской области, данных социологических опросов) сделаны выводы об основных факторах, лимитирующих дачное расселение в Московской области и наиболее перспективных районах.

Ключевые слова: дача, второй дом, садовые участки, система расселения, Московская область, дачная субурбанизация, сезонное население

Введение. Одним из элементов системы расселения в условиях урбанизации являются «вторые дома», принадлежащие горожанам и используемые преимущественно в качестве сезонно обитаемого жилья. Возникнув еще в период Римской империи как атрибут роскоши для избранных, они прошли длинный путь, образовав к XXI в. массовые поселения, развивающиеся под воздействием географических, экологических, правовых, технологических, хозяйственных факторов. В России это дачи, которые могут выполнять целый комплекс экономических, рекреационных, социальных и других функций, используя под место отдыха, альтернативное жилье, ведение сельского хозяйства и проч.

Проблемы «вторых домов» и сезонного населения находятся в центре актуальных исследований современной географической науки. В зарубежных исследованиях «вторые дома» рассматриваются в основном в контексте географии туризма или анализа рынка жилья [Rosa, 2013; Hall, 2014; и др.]. Российские исследователи отличаются более комплексным подходом. В работах А.Г. Махровой анализируется сезонная пульсация населения, дачная мобильность, место садово-дачных поселений в системе расселения. В более широком смысле, в контексте пространственной мобильности населения дачи рассматриваются коллективом авторов под руководством Т.Г. Нефедовой и А.И. Трейвиша. На региональном уровне проблемам эволюции землепользования в Московском регионе применительно к садовым участкам посвящены работы А.Е. Осетрова и В.А. Углова. Место садово-дачных участков в структуре застройки в Новой Москве проанализировано на основе картографических снимков в работах В.И. Кравцовой и В.А. Ерлича. Масштабы

и длительная история подмосковных дачных поселений позволяют выявить закономерности, тенденции и перспективы их функционирования, а столичную область рассматривать в качестве модели изучения дачного расселения в России.

Цель исследования заключается в определении основных факторов и перспектив дачного расселения в Московской области на основании анализа особенностей государственно-правового регулирования.

Задачи: 1) рассмотреть историю дачного расселения в Московской области и выявить основные факторы, определяющие этот процесс; 2) проанализировать динамику форм дачных поселений Московской области за годы централизованного планирования, переходный период к рыночной экономике и на текущем этапе рыночного хозяйства; 3) определить основные направления развития дачных поселений различных форм в Московской области в условиях современного государственного регулирования.

Материалы и методы исследований. Работа основана на анализе:

– официальных статистических источников, содержащих информацию о дачных, садоводческих и огороднических некоммерческих товариществах Московской области: всероссийских сельскохозяйственных переписях 2006 и 2016 гг., реестре дачников Московской области;

– основных нормативно-правовых документов, регулирующих «дачную жизнь», начиная с 1917 г. по настоящее время;

– историко-литературных источников и данных московского областного архивного центра;

– картографического материала за 1890–2018 гг., а также космических снимков Google и Яндекс.Карт;

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, экономический факультет, инженер; e-mail: rusanovmsu@gmail.com

– собственных полевых исследований, включающих в себя глубинные интервью с жителями подмосковных садоводческих товариществ и результатов социологических опросов целевых групп населения, представленных тематическими интернет-сайтами.

Результаты исследований и их обсуждение. Понятие «дача», известное в русском языке несколько веков, к XVII в. приобрело устойчивое значение пожалованного государем земельного надела, и уже тогда начали формироваться сложные отношения между дачей как неформальным соглашением (знак поощрения) и государственной необходимостью официально узаконить возникшие связи (гарантированная правами собственность).

Первый дачный «расцвет» пришелся на XVIII в., когда дачи приняли вид пригородных домов с приусадебным участком, служивших для хозяев местом отдыха. Рост популярности дачного отдыха пришелся на вторую половину XIX в., когда на фоне увеличения численности городского населения и бурного развития промышленности в Москве горожане стали стремиться проводить теплое время года за городом. Уже в середине XIX в. начали подрываться хозяйственные основы дворянских усадеб, их владельцы стали продавать участки под дачную застройку (Абрамцево, Мураново и др.) для богатейшей буржуазии, купечества, чиновничества и интеллигенции. Активизация дореволюционного дачного расселения в Подмоскovie отмечена в последней трети XIX в., когда после отмены крепостного права освободившиеся крестьяне в поисках работы переселялись в Москву, оставляя ближайшие деревни под «дачный промысел», доступный широким слоям населения [Русанов, 2014].

Расширение железнодорожной сети способствовало появлению на ближайших подмосковных станциях поселений, где дома строились специально для сезонной аренды, а образ жизни отличался и от городского, и от сельского. Однако эти поселения не имели официального статуса, не относились ни к земствам, ни к городу, и потому не получали никакой финансовой поддержки. В конце XIX в. появились первые путеводители с описанием дачных мест (А. Смаладин), а также исследования нормативного регулирования дач (А. Дальберг, В. Крестовский, К.Я. Полуянский). Массовость процесса привела к возникновению на рубеже XIX–XX вв. вокруг Москвы «дачного пояса».

После перехода в 1917 г. к централизованному планированию и национализации земли роль государственного регулирования в дачном расселении усилилась. По Декрету «О социализации земли» 1918 г. одной из главных задач стало развитие сельскохозяйственных промыслов, в том числе садоводства и огородничества, в связи с чем дачные земли переходили к территориальным органам власти – отделам местного хозяйства районных исполнительных комитетов [СУ РСФСР, 1918]. «Дачная жизнь» оживилась в период НЭПа, чему способствовало принятие в 1922 г. Земельного кодекса, определив-

шего основные принципы землепользования, и разработка механизма передачи частных дач в общественную (коммунальную) собственность. Декрет Совета народных комиссаров РСФСР от 24.05.1922 устанавливал список дачевладений, остающихся в распоряжении и эксплуатации коммунальных отделов, куда входили, в частности, бесхозные дачи и комфортабельные барские дачи. «Положение о дачных поселках» 1927 г. выделяло их в структуре поселений как: «...населенные пункты, расположенные вне городской черты и имеющие основным назначением обслуживание городов в качестве санаторных пунктов или мест летнего отдыха, если при том сельское хозяйство является основным занятием не более чем для 25% взрослого населения. «...Дачные поселки не утрачивают своего характера, если часть населения, не занимающаяся сельским хозяйством, постоянно проживает в них» [Дачи и окрестности ..., 1935]. Это позволило правительству в условиях жилищного кризиса предложить идею дачно-строительных кооперативов (ДСК), что фактически определило «целевую группу» потребителей «новой дачной жизни» – советскую научную, творческую и политическую элиту, для которой были отведены поселки вдоль железных дорог не далее 30 км от столицы, рядом с естественными или искусственными водоемами. Участки там выдавались в качестве государственного поощрения [Аксельрод, 2002].

Великая Отечественная война обострила продовольственные проблемы, усилив значимость пригородных огородов, поэтому в 1942 г. они были почти у каждого третьего горожанина, а в 1944 г. – у каждого второго [Чернявский, 1964]. После войны дачи по-прежнему тяготели к железным дорогам, но по функциям начали сближаться с огородами: дачники стали обрабатывать землю, а огородники стремились обустроить свои участки как дачные. Это вызвало проблемы в законодательном регулировании, так как соединялись характеристики собственности и потребления, разные в каждом конкретном случае. Указом от 24.02.1949 «О коллективном и индивидуальном огородничестве и садоводстве рабочих и служащих» участки размером 0,06–0,12 га выдавались рабочим и служащим в бессрочное пользование при условии ведения на них активных сельскохозяйственных работ [Постановление ..., 1949], а по новому плану реконструкции Москвы дачным пространством предполагалось обеспечить более 100 тыс. чел. [Собрание постановлений ..., 1961].

Поначалу на таких участках запрещалось возведение любых жилых построек, однако после реформы хозяйственного механизма 1965 г. ситуация изменилась, и Постановление Совета министров СССР от 12.04.1965 указало на необходимость принятия мер по увеличению площадей под огородами для широкого привлечения рабочих и служащих и членов их семей к обработке огородов. В контексте нового аграрного курса дачники получили право строить отапливаемый домик площадью до 25 м² с

террасой 12 м², однако легальный статус садоводствам придавала именно привязка к земле, а не владение домом [Ярошенко, 1980]. Сохранялись различия между садовыми участками и огородами: первые могли быть несколько больше по площади и располагаться дальше от города, на них можно было выращивать декоративные растения, а не только овощи. После введения в 1967 г. двух выходных дней в неделю примерно 0,45 млн москвичей стали проводить их на дачах [Козлов, 1972].

Принятая в 1982 г. Продовольственная программа СССР на период до 1990 г. способствовала новому этапу выделения земель под садоводства. К этому времени в столичной области насчитывалось 1897 садоводческих товариществ, объединявших 210 тыс. земельных участков, и 256 дачных кооперативов с 20 тыс. участков [Преображенский с соавт., 1982].

Совместная резолюция КПСС и Совета министров СССР от 07.03.1985 предписывала оказывать садоводческому движению всестороннюю поддержку. Постановлением «О мерах по развитию услуг по ремонту и строительству жилищ, построек для садоводческих товариществ, гаражей и других строений по заявкам населения в 1986–1990 годах и на период до 2000 года» от 21.05.1985 Правительство РСФСР разработало программу по развитию инфраструктуры садоводческих товариществ с целью выделения 1,7–1,8 млн новых участков в 1986–2000 гг. [Собрание постановлений ..., 1985]. К 1987 г. более 4,7 млн граждан РСФСР были обладателями «второго дома» на садовом участке, и 55 тыс. – собственниками дач как таковых [Социальное развитие ..., 1990].

Институциональные изменения периода перехода к рынку в конце 1980-х – начале 1990-х годов значительно упростили процесс получения земельных участков. Указ о земельной реформе 1990 г. предписывал произвести инвентаризацию сельскохозяйственных территорий и перераспределить неэффективно используемые земли между крестьянскими хозяйствами, земледельческими кооперативами, личными подсобными хозяйствами и дачным строительством, а резолюция правительства РСФСР «О первоочередных мерах по обеспечению жителей г. Москвы земельными участками для организации коллективного садоводства и огородничества» от 22.02.1991 – выделить каждой московской семье не менее 0,03 га из бывших земельных угодий колхозов и совхозов, расположенных преимущественно вдоль основных железнодорожных веток [Постановление ..., 1991]. При этом право пользования заменялось наследуемым пожизненным правом владения, что было учтено в президентском указе о выделении 40 тыс. га под строительство индивидуальных домов и садоводства в Московской области в течение последующих 10 лет [Об отводе ..., 1996]. Это дало начало новой волне раздачи земли под садоводство, самым распространенным типом которых стали «шесть соток», где одну половину занимал дом, а другую – ягодные кусты, садовые деревья, огородные культуры, теплицы.

Развитие рыночных отношений и переход к постиндустриальному обществу изменили функции дачных поселений, в частности, убрав «продовольственную» доминанту (табл.). «Экономическая» функция дач сблизилась с «экологической», поскольку интересен стал не сам по себе урожай на дачных/садовых участках, но урожай «экологически чистый» (себестоимость которого зачастую превышала соответствующие розничные цены), а также с «рекреационной», так как сельскохозяйственная деятельность рассматривалась владельцами участков как вид отдыха. Изменилось и содержание «жилищного» компонента «экономической» функции – проживание на дачах стало трактоваться не как альтернатива постоянному месту жительства в городе, но как возможность проведения там нескольких дней в любое время года, желательно при сохранении городского бытового комфорта. По результатам опросов, периодически проводимых российским Фондом общественного мнения (ФОМ), в 1998–2015 гг. доля тех, кто выращивает на своем садовом, дачном или приусадебном участке овощи и фрукты только для себя, а не для продажи, составляла 47–60% от общего числа опрошенных, а среди горожан в 2015 г. таких было 39% (для горожан речь шла о садовом или дачном участке) [Опрос ФОМ..., <https://fom.ru/Rabota-i-dom/11029>].

Фактическое изменение дачных функций позволило обновить действующую законодательную базу, определив с 01.01.2019 две возможные правовые формы организации дачных поселений: садовые некоммерческие товарищества (СНТ), чей статус распространился и на дачные некоммерческие товарищества (ДНТ), и огородные некоммерческие товарищества (ОНТ). Фактически они различаются именно по критерию расселения: СНТ объединяют владельцев участков, предназначенных для отдыха граждан и/или выращивания сельскохозяйственных культур для собственных нужд с правом размещения садовых домов, жилых домов, хозяйственных построек и гаражей, а ОНТ – владельцев участков, предназначенных для отдыха и/или выращивания сельскохозяйственных культур для собственных нужд с правом размещения хозяйственных построек, не являющихся объектами недвижимости, предназначенных для хранения инвентаря и урожая сельскохозяйственных культур [Федеральный ..., 2017]. Таким образом, СНТ нового статуса теоретически могут стать устойчивым элементом системы расселения, своеобразными «точками роста» постоянно обитаемых стационарных поселений с развитой инженерной и социально-экономической инфраструктурой, тогда как ОНТ если и останутся поселениями, то лишь временными, «условно обитаемыми». Сегодня именно ДНТ с хорошей транспортной доступностью и капитальным комфортабельным жильем стали новым типом потенциально стационарных поселений со своеобразными функциями и сельско-городским образом жизни. ДНТ распространены существенно меньше, чем СНТ – в опросе ФОМ 2013 г. о таких участках заявили лишь 18% облада-

Изменение доминирующих функций подмосковных дач (XIX – начало XXI вв.)

Период	Функции и их содержание	Способ приобретения участка
До 1917 г.	– рекреационная (барские дачи) – экономическая (огороды для рабочих) – «социально-селективная» (новое население в поселениях нового «ни городского, ни сельского» типа)	продажа земли
1918–1921 гг.	экономическая (садоводство и огородничество)	преимущественно бесплатная раздача земли
1921–1928 гг. (НЭП)	– рекреационная (барские дачи) – экономическая (продовольственная + жилищная)	
1928–1941 гг.	«социально-демографическая» (новая советская элита)	
1941–1945 гг.	экономическая (продовольственная)	
1945 – начало 1950-х годов	– экономическая (общая продовольственная для дач и огородов) – «социально-селективная» (послевоенная элита)	
1950-е – середина 1960-х годов	– «социально-демографическая» («дачная коллективизация» в садово-огородные и дачные объединения, «демократизация» («размывание элиты») дач) – экономическая (продовольственная)	
Середина 1960-х – начало 1980-х годов	– рекреационная – экономическая (общая продовольственная для дач, садов и огородов) – экологическая (отдаленные экологически благополучные районы)	
1980-е годы	– рекреационная – экономическая (продовольственная) – «социально-демографическая» («демократизация» дач за счет сближения прав садоводческих и дачных объединений) – экологическая	
Конец 1980-х – 1990-е годы	– рекреационная – экономическая (продовольственная; садоводческие и огороднические товарищества) – «социально-селективная» (дачные товарищества) – рекреационная (дачные товарищества) – экологическая (садоводческие товарищества в отдаленных районах) – «производственная» (торгово-закупочные предприятия в садоводческих товариществах)	переходный период: – бесплатная раздача земли – продажа земли (для ИЖС)
2000–2018 гг.	сближение функций и типов дачных поселений, структуризация функций по типам дачных поселений: – рекреационная – экономическая (продовольственная+жилищная; садоводческие товарищества) – экономическая (огороднические товарищества) – рекреационно-экономическая (жилищная; дачные товарищества) – «социально-селективная» (дачные товарищества), – «производственная» (приграничные стационарные поселения)	продажа земли
С 01.01.2019	сохранение структуризации функций предыдущего периода по типам дачных поселений с добавлением новой экономической функции – инвестиционной	продажа земли

телей дач против 45% имеющих участки в СНТ в Подмоскowie [Опрос ФОМ..., <https://fom.ru/Rabota-i-dom/11029>]. Почти все они относятся к категории «стародачных», так как возникли до Великой Отечественной войны или вскоре после нее, сформировав за прошедшие годы соответствующий социум, схожий с американскими и западноевропейскими субурбиями.

Совершенствование дачного законодательства способствовало дополнению «экономической» функции инвестиционным компонентом. Дачные участки любого типа стали рассматриваться как полноценные капиталовложения, к которым применимы все актуальные рыночные стратегии. Сезонность использования позволяет приобретать их в «низкий» зимний сезон для выгодной продажи в «высокий» летний, доступность современных инженерных коммуникаций – для реконструкции старого дома на дорогой земле, развитие личного и общественного транспорта – для строительства нового дома на отдаленных недорогих участках. «Дачный» сегмент остается одним из самых недооцененных и несформированных на рынке недвижимости: даже в рамках одного и того же СНТ предложения о продаже могут различаться по цене в несколько раз.

Оценка перспектив дачного расселения в настоящее время является достаточно сложной задачей, поскольку за период дачного развития в России, по крайней мере, трижды принимались макроэкономические решения, радикально изменявшие институциональные возможности этого процесса: отмена крепостного права в 1861 г., расширившая свободный рынок земли, переход к плановому хозяйству после революции 1917 г., практически полностью закрывший его, и отказ от централизованного планирования в 1991 г., вновь сделавший землю теоретически общедоступной. Однако инерционность дачного расселения как любого социально-демографического процесса существенно ограничивает выявление тенденций в этой области из-за нехватки репрезентативных рядов динамики, поскольку фактические данные по разным периодам отсутствуют либо несравнимы. Так, СНТ и ДНТ должны вести реестр численности своих участников и передавать в органы местного самоуправления для ведения региональной статистики; сегодня такой реестр стал одним из первых документов, содержащих официальную статистику дачного расселения по Московской области. Другим официальным источником прямых данных являются Всероссийские сельскохозяйственные переписи 2006 и 2016 гг., оба эти источника незначительно расходятся в оценке общей численности СНТ и ДНТ: по реестру в Московской области насчитывается 11 637 подобных объединений [Реестр..., <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov>], по переписи – 11 798. Из них СНТ – 10 468 (88,7%), ДНТ – 1240 (10,5%), ОНТ – всего 90 (0,8%) [Всероссийская..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>].

По оценкам исследователей, сеть сезонного дачного расселения Московской области включает

более 7 тыс. поселков вне границ официальных населенных пунктов, что на 20% превышает общее число сельских поселений [Махрова с соавт., 2016]. Сезонные поселения занимают 4–6% от общей площади в прилегающих к МКАД районах, сокращаясь по мере удаления до 3%. Исторически в размещении сезонного населения Подмоскowie преобладают северные и западные направления (рис. 1, 2), где сосредоточена треть СНТ и ДНТ: это Истринский (673 – 5,7%), Дмитровский (663 – 5,6%), Наро-Фоминский (640 – 5,4%), Солнечногорский (640 – 5,4%), Одинцовский (615 – 5,2%) и Сергиево-Посадский (602 – 5,1%) районы [Всероссийская..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>]. Косвенные данные мобильных операторов подтверждают данный тренд: наиболее сильно градиент между летним и зимним населением выражен именно в западном и северном секторах Московской области [Махрова, Бабкин, 2018].

Сравнение данных сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 г. осложнено из-за большого количества административно-территориальных изменений, произошедших за десятилетие. Такие изменения более заметны в городских округах, поэтому площадь, занимаемая садовыми участками, здесь изменилась наибольшим образом: в Лосино-Петровском, Серпухове и Протвино она выросла более чем в 3 раза, а в Жуковском, Королеве и Черноголовке – более чем в 2 раза. Напротив, сократилась она в Химках, Подольске, Дзержинском и Красноармейске (более чем в 2 раза), что может быть вызвано активным жилищным строительством и появлением на месте садовых товариществ новых многоэтажных кварталов.

В разрезе районов ситуация более стабильная: в большинстве из них площадь, занимаемая садовыми участками, немного возросла. Абсолютным лидером по приросту стал Можайский район: здесь площадь садовых участков выросла более чем в 2 раза (с 2,8 тыс. до 6,2 тыс. га), что может быть связано с привлекательностью данного района среди девелоперов, выкупающих значительные неосвоенные участки под дачную или коттеджную застройку, что видно при анализе космических снимков. Наибольшее сокращение площади садовых участков произошло в Ленинском районе (почти в 5 раз), что связано с присоединением части его территории к Новой Москве. Почти на треть сократилась площадь садовых участков в Истринском и Раменском районах: можно предположить, что часть земель с/х категории, занимаемых коттеджными поселками, в этих районах была переведена в категорию ИЖС. Наконец, почти на треть сократилась площадь, занимаемая садовыми участками, в Шатурском, Зарайском и Коломенском районах, что, наряду с административно-территориальными изменениями, может быть вызвано их отдаленным положением и постепенным отказом от них владельцев-москвичей.

Показательным для анализа дачного расселения в Московской области является число жителей

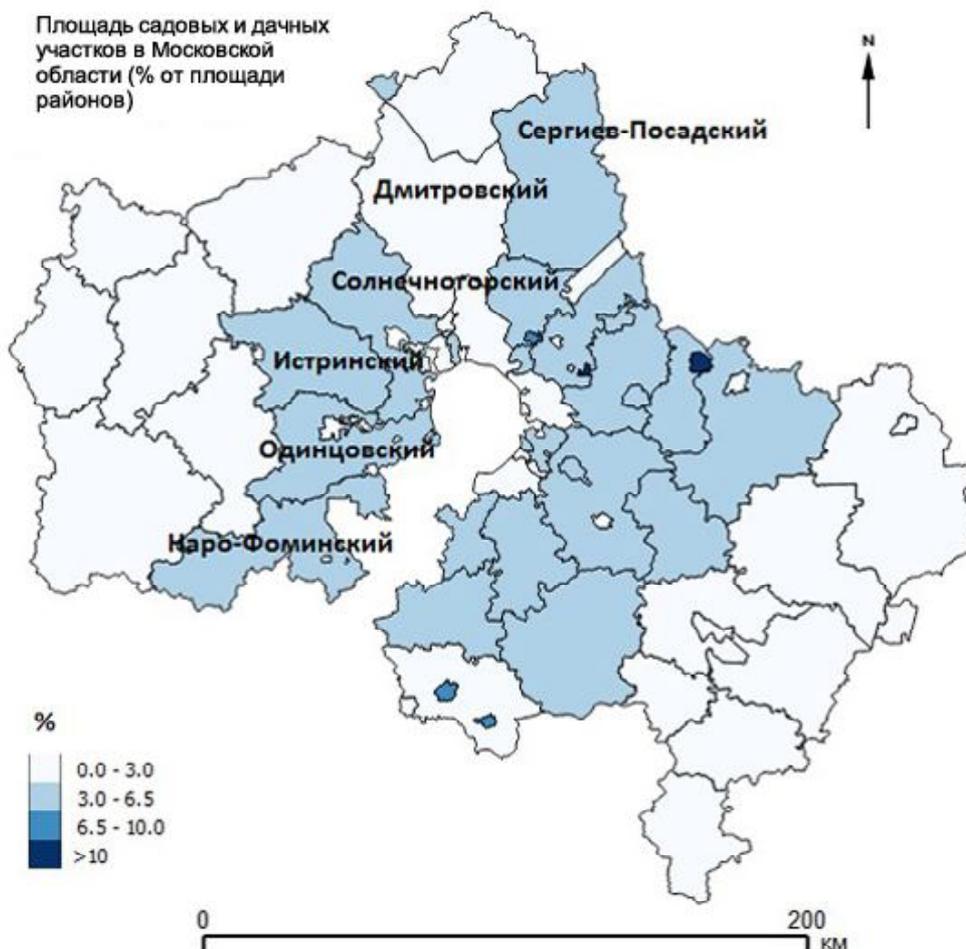


Рис. 1. Площадь, занимаемая садовыми и дачными участками в районах Московской области. Составлено автором по данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [Всероссийская ..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>] и Реестра дачников Подмосковья [Реестр ..., <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov>]

Fig. 1. Area occupied by second homes and allotment gardens in the districts of the Moscow Region. Compiled by the author after [Vserossijskaya ..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>] and [Reestr ..., <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov>]

Москвы среди всех членов СНТ и ДНТ. Этот параметр представлен в реестре дачников Московской области, с его помощью можно оценить реальное количество дачников-москвичей (поскольку владеть участком могут и жители области) и их предпочтения. Статистика по данному параметру требует значительной доработки и дополнительного анализа на достоверность, поскольку зачастую эта графа заполняется автоматически (представленное в ней число равно либо общему количеству членов СНТ, либо нулю; и то, и другое с низкой степенью вероятности соответствует действительности); в результате такого анализа достоверными можно считать данные по 16 из 34 крупных районов и городских округов Московской области. Карта-схема, составленная на основе таких данных (рис. 3), несмотря на обилие «белых пятен» (районов, по которым отсутствуют достоверные данные), показывает, что больше всего москвичей среди членов СНТ на северо-западе. Например, в Можайском (запад) и Лотошинском (северо-запад) районах этот показатель

превышает 60%, тогда как в аналогичных окраинных юго-восточных Егорьевском, Шатурском и Луховицком районах составляет 20–40%. Это позволяет сделать вывод, что для отдаленных экологически благоприятных районов решающее значение приобретает транспортная доступность, которая лучше на западных направлениях [Подмосковные ..., https://yandex.ru/company/researches/2014/ya_dacha_msk].

Таким образом, в Московской области сформировалась и функционирует целая сеть дачных поселений, которая дополняет традиционную систему сельско-городского расселения. Существование таких поселений во многом предопределилось особенностями плановой экономики, когда, будучи единственным собственником земли, государство могло свободно выделять участки земли под садоводство широким слоям населения.

Анализ тенденций развития дачных поселений за прошедшие годы позволяет предположить, что их расселенческие перспективы различны для раз-

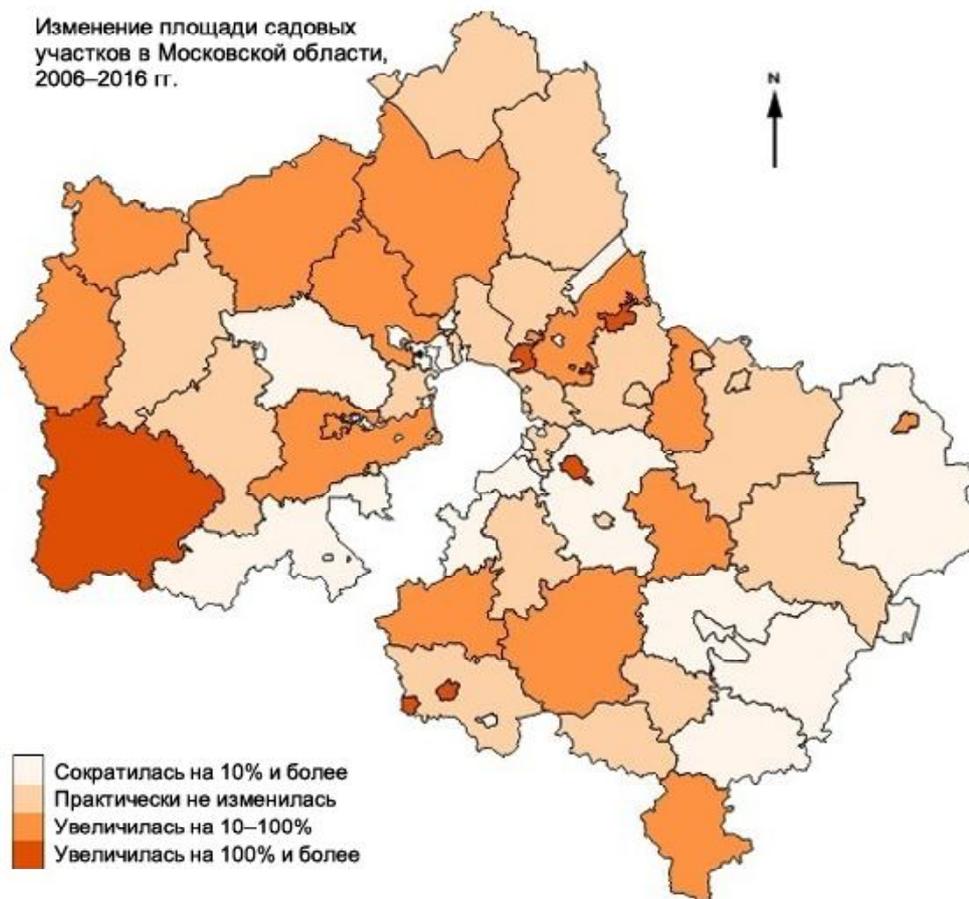


Рис. 2. Изменение площади садовых участков в Московской области в 2006–2016 гг. Составлено автором по данным Всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 гг. [Всероссийская ..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>]

Fig. 2. Change in the area occupied by second homes and allotment gardens in the Moscow Region, 2006–2016. Compiled by the author after [Vserossiyskaya ..., <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm>]

ных типов. Стародачные ДНТ имеют все институциональные и инфраструктурные предпосылки к тому, чтобы стать фактически постоянно обитаемыми, формально оставаясь «вторым жильем». Участки в таких ДНТ, как правило, наследуются, после чего иногда делятся и продаются, при этом исторически сложившаяся «элитарность» населения «размывается». Из-за удобного расположения и хорошей транспортной доступности они остаются популярными на рынке загородной недвижимости, несмотря на высокую кадастровую и рыночную стоимость.

Перспективы «классических» СНТ зависят, в основном, от расположения и транспортной доступности, поскольку им дается право изменить существующий вид объединения на товарищество собственников жилья (ТСЖ), что означает фактический переход в стационарное поселение. Уже сейчас удачно расположенные и хорошо обустроенные СНТ привлекают мигрантов, которые проживают здесь круглогодично и готовы официализировать свое пребывание путем получения постоянной регистрации (такая возможность упрощена с 01.01.2019). В некоторых СНТ из-за неудачного расположения и слаборазвитой инфраструктуры фактическое число дач-

ников может сокращаться, так как участки здесь сложно продать, и владельцы просто забрасывают их. В то же время, благоприятная экологическая обстановка и невысокая стоимость таких участков способствуют тому, что они зачастую продаются соседям, которые формируют таким образом небольшие «усадьбы». Подобные тенденции наблюдаются на окраинах Московской области, где в СНТ растет доля жителей близлежащих районных центров.

Перспективы ОНТ также детерминируются законом 2017 г., который достаточно четко определяет, что «возведение временных построек возможно только на участках для огородничества, относящихся к землям городских поселений при наличии соответствующего зонального распределения. На полевых участках, относящихся к сельскохозяйственным землям, возведение временного жилья запрещено» [Федеральный закон ..., 2017]. Однако закон оставляет варианты перевода огородных участков в земли населенных пунктов для ИЖС, что достаточно логично в современных условиях, но принципиальное влияние на дачное расселение ОНТ вряд ли окажут из-за своей малочисленности.

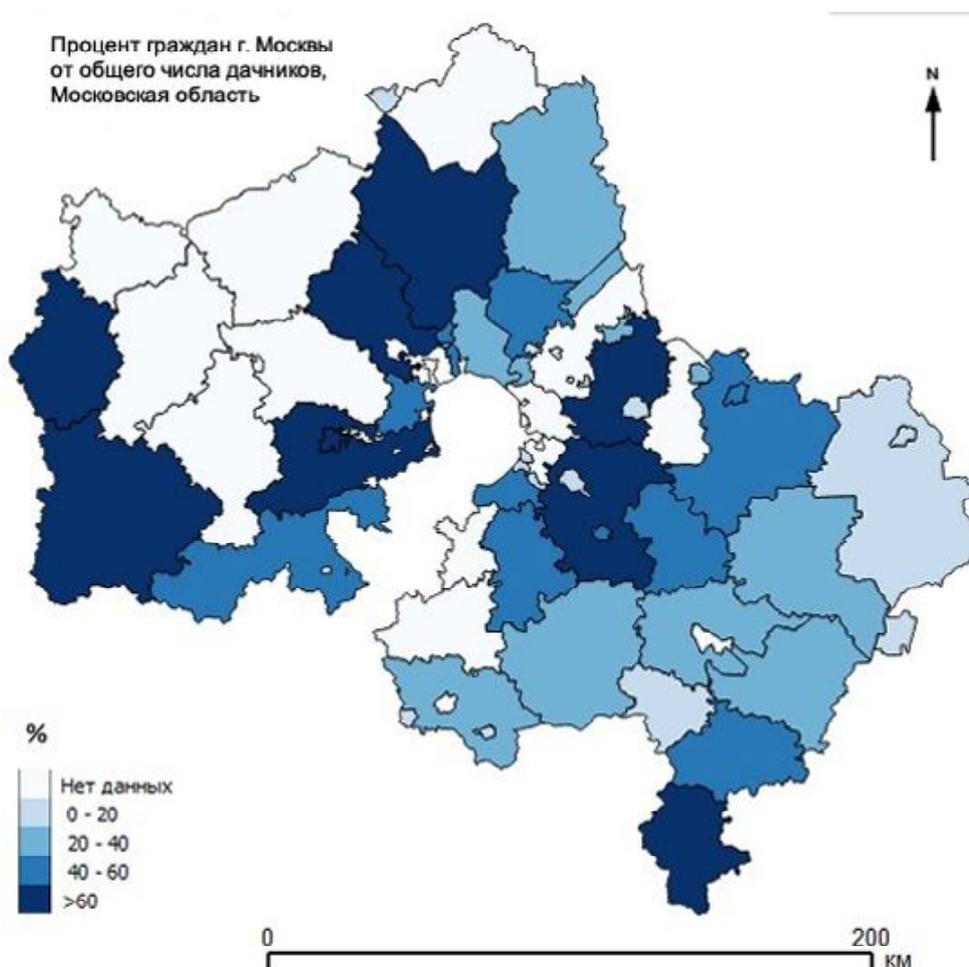


Рис. 3. Жители Москвы – владельцы садоводческих и дачных участков в районах Московской области (в % от общего числа дачников). Составлено автором по данным Реестра дачников Подмосковья [Реестр ..., <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov>]

Fig. 3. Moscow residents – owners of second homes and allotment gardens in the Moscow Region (% of all allotment owners). Compiled by the author after [Reestr ..., <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov>]

Выводы:

– эволюция дачного расселения Подмосковья детерминирована общими закономерностями пригородного расселения, сформировавшимися в процессе мировой урбанизации, так и их специфическими российскими проявлениями, возникшими в результате многолетнего централизованного планирования, общественной собственности на землю и исторических традиций сезонного размещения населения;

– макроэкономические изменения в России и их институциональное отражение привели к тому, что основным фактором, определяющим будущее дачных поселений, становится возможность круглогодичного использования, что требует соответствующей инфраструктуры. «Сезонность» летнего проживания сменяется «периодичностью» в течение всего

года, и здесь благоприятные перспективы прослеживаются у бывших «дачных» СНТ и «советских» СНТ, образованных в 1950–1960 годы в основном на традиционных для Подмосковья хорошо доступных рекреационных северо-западных направлениях;

– перспективы более поздних «советских» СНТ, расположенных на окраинах области, в том числе на промышленном юго-востоке, связаны с их ролью московских «дальних дач», практически безлюдных в осенне-зимний период. Современная роль ОНТ в дачном расселении Московской области незначительна из-за их небольшого количества и официального запрета на строительство жилья, как и роль коттеджных поселков, представляющих собой скорее российскую разновидность постоянно обитаемых субурбий, чем сезонных дач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аксельрод К.И.* Подмосковная дача в советской архитектуре: на примере поселков творческой и научно-технической интеллигенции. Автореф. ... канд. архитектуры. М., 2002. 28 с.
- Всероссийская сельскохозяйственная перепись населения. Т. 2. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Московской области. М.: Мособлстат, 2017.
- Дачи и окрестности Москвы. Справочник-путеводитель. М.: Московский рабочий, 1935. 236 с.
- Козлов С.* Пути организации массового отдыха в пригородной зоне // Создание крупных комплексов курортов, мест отдыха и туризма / Под ред. А.В. Рожиной. М., 1972. С. 54–56.
- Кравцова В.И., Ерлич В.А.* Картографическая оценка возможностей градостроительного использования территории Новой Москвы // Геодезия и картография. М., 2015. С. 20–32.
- Махрова А.Г., Бабкин Р.А.* Анализ пульсаций системы расселения Московской агломерации с использованием данных сотых операторов // Региональные исследования. 2018. № 2(60). С. 68–78.
- Махрова А.Г., Медведев А.А., Нефедова Т.Г.* Садово-дачные поселки горожан в системе сельского расселения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2016. № 2. С. 64–74.
- 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.
- О дополнительных мерах по наделению граждан земельными участками // Дачное хозяйство: сборник нормативных актов. М.: БЕК, 1996. 208 с. ISBN 5-85639-147-0.
- Об отводе земельных участков в Московской области для малоэтажного строительства и садоводства для жителей Москвы и области // Дачное хозяйство: сборник нормативных актов. М.: БЕК, 1996. 208 с. ISBN 5-85639-147-0.
- Постановление Совета министров РСФСР от 22 февраля 1991 года № 111 о первоочередных мерах по обеспечению жителей г. Москвы земельными участками для организации коллективного садоводства и огородничества.
- Постановление Совета министров СССР от 24 февраля 1949 года № 807 о коллективном и индивидуальном садоводстве рабочих и служащих.
- Преображенский В.С., Веденин Ю.А., Ступина Н.М. и др.* Проблемы территориальной организации рекреационной деятельности в Московской области // Известия АН СССР; серия географическая. 1982. № 6. С. 90.
- Русанов А.В.* Эволюция дачного расселения Подмоскovie как элемент российской субурбанизации // Проблемы региональной экологии. 2014. № 6. С. 127–134.
- Собрание постановлений Правительства РСФСР. 1985. № 15. Ст. 71.
- Собрание постановлений Правительства СССР. 1961. № 4. Ст. 23.
- Собрание узаконений и распоряжений (СУ РСФСР). 1918. № 25. Ст. 346.
- Социальное развитие СССР: статистический сборник. М., 1990. С. 207.
- Федеральный закон от 29 июля 2017 года № 217-ФЗ «О ведении гражданами садоводства и огородничества для собственных нужд и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
- Чернявский У.Г.* Война и продовольствие: снабжение городского населения в Великую Отечественную войну (1941–1945 гг.) М., 1964. 208 с.
- Ярошенко К.Б.* Споры о членстве в садоводческих товариществах // Комментарий к судебной практике за 1980 год. / Под ред. Е.В. Болдыревой, А.И. Пергамента. М., 1981.
- Hall C.* Second Home Tourism: An International Review. Tourism Review International. 2014.
- Roca Z.* Second Home Tourism in Europe: Lifestyle Issues and Policy Responses. 2013.
- Электронные ресурсы:*
 Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2006 года [Электронные ресурсы]: URL: <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm> (дата обращения 26.12.2018).
 Опрос ФОМ «О дачах и дачниках» 2013 г. [Электронные ресурсы]: URL: <https://fom.ru/Rabota-i-dom/11029> (дата обращения 26.12.2018).
 Подмосковные пробки в дачный сезон [Электронные ресурсы]: URL: https://yandex.ru/company/researches/2014/ya_dacha_msk (дата обращения 26.12.2018).
 Реестр дачников Московской области [Электронные ресурсы]: URL: <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov> (дата обращения 26.12.2018).

Поступила в редакцию 04.04.2018
 После доработки 24.03.2019
 Принята к публикации 24.05.2019

A.V. Rusanov¹

DYNAMICS SETTLEMENTS OF THE SECOND HOME IN THE MOSCOW REGION

The paper considers specific features of dacha settlement in the Moscow region as a model region for the Russian Federation. The analysis of state legal regulation made it possible to reveal changes in the prevalent functions of near-Moscow dachas since the end of the 19th century till present. Post-war food policy of the Soviet government which provided large numbers of garden plots for individual agriculture led to the formation of numerous mainly seasonally inhabited settlements of second homes in addition to traditional rural and urban settlements. The transitional period of the 1990s predetermined the legal heterogeneity of seasonal settlements. Changes in the present-day legislation aimed at the solution of disputes related to dacha plots are discussed. Principal factors limiting dacha settlement in the Moscow region and the most favorable areas were revealed basing on the official statistical sources (2006 and 2016 All-Russian Agricultural Censuses, Register of dacha residents of the Moscow region, data of sociological questionings).

Key words: dacha, second home, allotment gardens, settlement system, Moscow region, dacha suburbanization, seasonal population

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics, Engineer; e-mail: rusanovmsu@gmail.com

REFERENCES

- Aksel'rod K.I.* Podmoskovnaya dacha v sovetskoj arhitekture: na primere poselkov tvorcheskoj i nauchno-tekhnicheskoy intelligencii [Moscow dacha in Soviet architecture as exemplified by the villages of creative and scientific-technical intelligentsia]. Avtoreferat na soisk. uch. step. kand. arhitektury. M., 2002. 28 p. (In Russian)
- Chernyavskij U.G.* Vojna i prodovol'stvie: snabzhenie gorodskogo naseleniya v Velikuyu Otechestvennuyu vojnu (1941–1945 gg.) [War and food: supplying the urban population during the Great Patriotic war (1941–1945)]. M., 1964. 208 p. (In Russian)
- Dachi i okrestnosti Moskvy. Spravochnik-putevoditel' [Dachas and surroundings of Moscow. Guide book]. M.: Moskovskij rabochij, 1935. 236 p. (In Russian)
- Federal'nyj zakon ot 29 iyulya 2017 goda № 217-FZ «O vedenii grazhdanami sadovodstva i ogorodnichestva dlya sobstvennyh nuzhd i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» [Federal law «On the gardening and horticulture by citizens for their own needs and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» dated 29.07.2017 N 217-FZ]. (In Russian)
- Hall C.* Second Home Tourism: An International Review. Tourism Review International. 2014.
- Kozlov S.* Puti organizacii massovogo otdyha v prigorodnoj zone [Ways of organizing mass recreation in the suburban area] // Sozdanie krupnyh kompleksov kurortov, mest otdyha i turizma / A.V. Roshchina (ed.). M., 1972. P. 54–56. (In Russian)
- Kravnova V.I., Erlich V.A.* Kartograficheskaya ocenka vozmozhnostej gradostroitel'nogo ispol'zovaniya territorii Novoj Moskvy [Cartographic assessment of possible urban development of the New Moscow territory] // Geodeziya i Kartografiya. 2015. P. 20–32. (In Russian)
- Mahrova A.G., Babkin R.A.* Analiz pul'sacij sistemy rasseleniya Moskovskoj aglomeracii s ispol'zovaniem dannyh sotovyh operatorov [Analysis of pulsations of the Moscow agglomeration settlement system using data from mobile operators] // Regional'nye Issledovaniya. 2018. № 2(60). P. 68–78. (In Russian)
- Mahrova A.G., Medvedev A.A., Nefedova T.G.* Sadovodachnye poselki gorozhan v sisteme sel'skogo rasseleniya [Gardening and dacha communities of urban dwellers in the rural settlement system] // Vestnik Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geogr. 2016. № 2. P. 64–74. (In Russian)
- Mezhdum domom i ... domom. Vozvratnaya prostranstvennaya mobil'nost' naseleniya Rossii [Between home and ... home. Return spatial mobility of the population in Russia] / Pod red. T.G. Nefedovoj, K.V. Averkievoj, A.G. Mahrovvoj). M.: Novyj hronograf, 2016. 504 p. (In Russian)
- Ob otvode zemel'nyh uchastkov v Moskovskoj oblasti dlya maloetazhnogo stroitel'stva i sadovodstva dlya zhitelej Moskvy i oblasti [On the allocation of land plots in the Moscow Region for low-rise housing and gardening for the inhabitants of Moscow and the Moscow Region] // Dachnoe hozyajstvo: sbornik normativnyh aktov. M.: BEK, 1996. 208 p. ISBN 5-85639-147-0 (In Russian)
- O dopolnitel'nyh merah po nadeleniyu grazhdan zemel'nymi uchastkami [About additional measures for allocation of land parcels to citizens] 23.04.1993 // Dachnoe hozyajstvo: sbornik normativnyh aktov. M.: BEK, 1996. 208 p. ISBN 5-85639-147-0 (In Russian)
- Postanovlenie Soveta ministrov RSFSR ot 22 fevralya 1991 goda № 111 o pervoocherednyh merah po obespecheniyu zhitelej g. Moskvy zemel'nymi uchastkami dlya organizacii kollektivnogo sadovodstva i ogorodnichestva [The resolution of the RSFSR Council of Ministers of February 22, 1991 No. 111 about priority measures for providing inhabitants of Moscow with land parcels for the organization of collective gardening]. (In Russian)
- Postanovlenie Soveta ministrov SSSR ot 24 fevralya 1949 goda № 807 o kollektivnom i individual'nom sadovodstve rabochih i sluzhashchih. [Resolution of the USSR Council of Ministers of February 24, 1949 № 807 about collective and individual gardening of workers and employees]. (In Russian)
- Preobrazhenskij V.S., Vedenin Yu.A., Stupina N.M. et al.* Problemy territorial'noj organizacii rekreacionnoj deyatelnosti v Moskovskoj oblasti [Problems of the territorial organization of recreational activities in the Moscow Region] // Izvestiya AN SSSR, Seriya geograficheskaya. 1982. № 6. P. 90. (In Russian)
- Roca Z.* Second Home Tourism in Europe: Lifestyle Issues and Policy Responses. 2013.
- Rusanov A.V.* Evolyuciya dachnogo rasseleniya Podmoskov'ya kak ehlement rossijskoj suburbanizacii [Evolution of dacha settlement system in the Moscow Region as an element of suburbanization in the Russian Federation] // Problemy regional'noj ehkologii. 2014. № 6. P. 127–134. (In Russian)
- Sobranie postanovlenij Pravitel'stva RSFSR. [Collection of decrees of the RSFSR Government]. 1985. № 15. Paper 71. (In Russian)
- Sobranie postanovlenij Pravitel'stva SSSR [Collection of decrees of the USSR government]. 1961. № 4. Paper 23. (In Russian)
- Sobranie uzakonenij i rasporyazhenij (SU RSFSR) [Collection of decrees of the RSFSR]. 1918. № 25. Paper 346. (In Russian)
- Social'noe razvitie SSSR: statisticheskij sbornik. [Social development of the USSR: statistical compendium]. M., 1990. P. 207. (In Russian)
- Vserossijskaya sel'skohozyajstvennaya perepis' naseleniya. V. 2. Predvaritel'nye itogi Vserossijskoj sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 goda po Moskovskoj oblasti. [All-Russian agricultural census. V. 2. Preliminary results of 2016 All-Russian agricultural census in the Moscow Region]. M.: Mosoblstat, 2017. (In Russian)
- Yaroshenko K.B.* Spory o chlenstve v sadovodcheskih tovarishchestvah [Disputes about membership in gardener's associations] // Kommentarij k sudebnoj praktike za 1980 god / E.V. Boldyreva, A.I. Pergament (eds.). M., 1981. (In Russian)
- Web-sources:*
- Vserossijskaya sel'skohozyajstvennaya perepis' 2006 goda [2006 All-Russian Agricultural Census] [Elektronnyj resurs]: URL: <http://www.gks.ru/news/perepis2006/totals-osn.htm> (access date 26.12.2018). (In Russian)
- Opros FOM «O dachah i dachnikah» 2013 g. [2013 Poll of the FOM «On Summer Residences and Dacha Owners»] [Elektronnyj resurs]: URL: <https://fom.ru/Rabota-i-dom/11029> (access date 26.12.2018). (In Russian)
- Podmoskovnye probki v dachnyj sezon [Traffic jams near Moscow in the summer season] [Elektronnyj resurs]: URL: https://yandex.ru/company/researches/2014/ya_dacha_msk (access date 26.12.2018). (In Russian)
- Reestr dachnikov Moskovskoj oblasti [Register of summer residents of the Moscow region] [Elektronnyj resurs]: URL: <http://data.mosreg.ru/opendata/7725131814-reestr-dachnikov> (access date 26.12.2018). (In Russian)

Received 04.04.2018

Revised 24.03.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 550.47

И.А. Авессаломова¹, А.Н. Иванов²**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТОВ ОСТРОВА МАТУА (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КУРИЛЫ)**

Показано значительное ландшафтно-геохимическое разнообразие острова Матуа, которое определяется активной вулканической деятельностью, влиянием океана и интенсивностью современных экзогенных процессов. Биогеохимическая неоднородность катен увеличивается в связи с комплексностью растительного покрова и соседством элементарных ландшафтов с разным типом биологического круговорота. В качестве индикаторов биопродукционного процесса выбрана фитомасса травяного яруса и запас в ней зольных элементов, а также способность растений к поглощению микроэлементов. Установлено, что продуцирование фитомассы выше у ольховников крупнотравных и папоротниковых, чем у вейниковых и колосняковых лугов. При общей тенденции к накоплению катионогенных элементов (Mn, Cu, Zn) биогеохимическая активность ольховника, крупнотравья и папоротников больше по сравнению с бореальными кустарничками, злаками и осоками. Наряду с видовой специализацией растений вовлечение элементов в биологический круговорот корректируется эколого-геохимическими особенностями местообитаний.

Ключевые слова: Курильские острова, о. Матуа, геохимические ландшафты, разнообразие, биопродуктивность, биогеохимическая активность растений

Введение. В соответствии с законом самоорганизации геохимических ландшафтов [Перельман, 1995] ее степень возрастает при увеличении емкости автотрофного биогенеза и интенсификации биологического круговорота (**БИК**), но может меняться в зависимости от активности современных абиогенных процессов и неоднородности литогенной основы, снижающих когерентность ландшафтов. С этой точки зрения особый интерес представляют вулканические острова Неопацифики, для которых характерны субарктические и бореальные геосистемы берингийского типа. Их биогеохимические особенности формируются одновременно в условиях активной вулканической деятельности и под влиянием океана.

В настоящее время установлено, что приток элементов минерального питания с пеплопадами и при импульверизации солей с океана, благоприятные водно-физические свойства и богатство основаниями андезибазальтов обеспечивают рост продуктивности экосистем Тихоокеанского кольца по сравнению с внутриконтинентальными регионами [Базилевич, 1981]. Высокой продукцией отличаются крупнотравные луга Курильских островов, Камчатки и Сахалина. Для них характерны эндемичные виды, в первую очередь лабазник камчатский (*Filipendula kamtschatica*), образующий монодоминантные фитоценозы.

Для таких сообществ выявлено активное продуцирование фитомассы в начале вегетации, азотно-калийный тип химизма и способность к запасанию элементов в подземных органах. Увеличение фитомассы лугов наблюдается в местообитаниях при дополнительном притоке влаги и питательных ве-

ществ. Луга с вейником Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) отличаются азотно-кремниевым типом химизма и высокой вариабельностью фитомассы, снижающейся при избытке или недостатке влаги [Урусов, 1998; Степанова с соавт., 1981]. Для Южных Курил установлена биогеохимическая адаптация растений в вулканических ландшафтах и связь гигантизма крупнотравья с зонами активных тектонических нарушений, по которым осуществляется тепломассоперенос [Побережная, Веселов, 2011]. На Камчатке выявлен рост накопления элементов в растениях супераквальных ландшафтов при притоке вещества с термальными водами и в зонах пеплопадов. Предполагается, что активность биопоглощения стимулируется наличием растворимых форм микроэлементов в почвах и пеплах, но может быть связана (у вейника Лангсдорфа) с отсутствием физиологических барьеров поглощения или стрессовыми условиями таких местообитаний [Захарихина, Литвиненко, 2011]. На Курильских островах биогеохимические особенности определяются не только вулканической деятельностью, но и влиянием океана, что выражается в увеличении содержания талассофильных элементов [Фураев, 2013]. Исследования БИКа горных тундр и стлаников Охотско-Чукотского вулканического пояса показали их низкую продуктивность, активное накопление в фитомассе N по сравнению с другими зольными элементами, низкую скорость разложения опада и накопление мортмасс [Игнатенко, Пугачев, 1979; Пугачев, 2009; Базилевич, Титлянова, 2008]. Для островов северной Японии установлено, что происходящее зимой потепление климата влияет на биогеохимию азота почвы (общее содержание N, транс-

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

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: a.n.ivanov@mail.ru

формация микробного азота и др.) в течение всей зимы, в период таяния снега и во время вегетационного периода [Shibata, 2016]. В лесах с подлеском из бамбука на Южных Курилах и в Японии изучена роль Si в биогеохимических циклах. Установлено, что годовое поступление Si в почву и поглощение в бамбучниках гораздо выше, чем в хвойных и смешанных лесах без бамбука [Ikegami et al., 2015]. На о. Хоккайдо определены биогеохимические особенности 46 видов растений и обнаружен островной эндемик *Thlaspi japonicum* с экстраординарной способностью к накоплению Ni (в среднем 1300 мг/кг). Это первый Ni-гипераккумулятор, найденный в Японии [Mizuno et al., 2009].

В целом данные по биогеохимии островов региона остаются отрывочными и неполными. Для установления биогеохимической специфики труднодоступных Центрально-Курильских островов с активным проявлением вулканизма необходимы специальные исследования, которые до настоящего времени не проводились. Попытка охарактеризовать их особенности предпринята нами на примере о. Матуа. Основные задачи: 1) выявление ландшафтно-геохимического разнообразия с учетом организации катен; 2) сравнение разнотипных ландшафтов по активности продукционного процесса; 3) определение роли филогенетической специализации растений при вовлечении элементов в БИК.

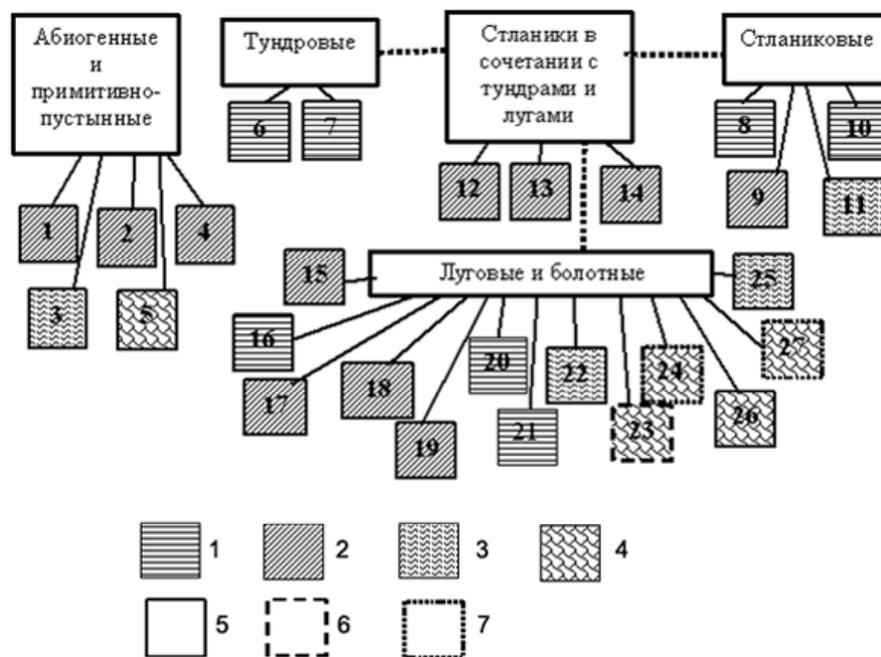
Объект и методы исследований. Объект исследований – о. Матуа (площадь 52 км²) в средней части Курильской островной дуги. На нем находится один из наиболее активных современных курильских вулканов – Пик Сарычева (за прошедшие 250 лет достоверно известно не менее 10 извержений; последнее – в июне 2009 г.). Главная особенность современных извержений – высокая эксплозивность, когда выбрасываемый обломочный материал формирует эруптивные тучи, пирокластические потоки и связанные с ними пирокластические волны [Дегтерев, 2011]. В условиях умеренного морского климата с большим количеством осадков (1278 мм) и аномально холодным летом для 48° с.ш. (среднемесячная температура в июне – августе составляет 5,1–10,6°С) в растительном покрове фон образуют верещатниковые тундры, луга и ольховый стланик, под которыми формируются слабо развитые органо-аккумулятивные грубогумусовые почвы [Иванов, 2017].

Для характеристики биогеохимических особенностей ландшафтов в 2016–2017 гг. проведено опробование почв, растений и вод на эталонных участках и опорных профилях, заложенных в соответствии со структурой катен. Для определения фракционной структуры надземной травянистой фитомассы в разнотипных элементарных ландшафтах (ЭЛ) в начале вегетационного периода отобраны укосы с площадок 50х50 см, а также отдельные виды растений разных систематических групп. Озольнение растительных проб сухим способом проведено в аналитической лаборатории кафедры физической географии и ландшафтоведения географическо-

го факультета МГУ. Определение микроэлементного состава зол растений (166 проб) и почв (69 проб) проведено в Бронницкой геолого-геохимической экспедиции ФГУП «ИМГРЭ» методом приближенного количественного спектрального анализа (ПКСА). По одной из катен в лаборатории кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ получены данные о содержании в почвах (20 проб) макроэлементов и тяжелых металлов (Ni, Co, V, Cr и др.) методом рентгено-флуоресцентного анализа. При обработке аналитических данных проведен расчет запасов зольных элементов в фитомассе, их кларков концентрации (КК) в почвах, золах растений и тefре (по отношению к кларкам литосферы [Виноградов, 1962]) и коэффициентов биологического поглощения (Ах) по отношению к почвам. Для определения биогеохимической активности растений (БХА=ΣКК) использованы кларки концентрации, полученные для 20 микроэлементов. На основании составленной ландшафтно-геохимической карты масштаба 1:50 000 выявлены ареалы ЭЛ, при систематике которых использована классификация А.И. Перельмана [1989]. Это позволило охарактеризовать внутреннюю ландшафтно-геохимическую неоднородность островной геосистемы и варианты пространственного соседства ЭЛ в катенах.

Результаты и их обсуждение. Структурно-функциональное своеобразие геохимических ландшафтов о. Матуа определяется несколькими причинами: 1) наличием активного эндогенного ядра и его полей, связанных с нисходящими латеральными потоками; 2) вулканической деятельностью голоцена-плейстоцена, вызвавшей метахронность и полигенезис ортоэлювиальных ландшафтов, ярусность морфолитогенной основы, преобладание трансэлювиальных звеньев в структуре катен; 3) соседством ЭЛ с разным типом БИКа и его нарушение при вулканических извержениях; 4) участием миграционных потоков с моря в функционировании ландшафтов береговой зоны. Совместное действие абиотических и биотических факторов определяет ландшафтно-геохимическую гетерогенность острова, что увеличивает вариабельность биогеохимических параметров.

Ландшафтно-геохимическое разнообразие о. Матуа. По характеру БИКа выделяется пять типов геохимических ландшафтов: абиогенные и примитивно-пустынные, тундровые, стланиковые, луговые и болотные (рис.). Большинство из них относится к Н-классу и характеризуется развитием кислой среды в органогенных горизонтах торфянистых и грубогумусовых почв с низкой активностью детритогенеза. Увеличение контрастности в катенах морских террас связано с появлением луговых и болотных комплексов Н-Fe-класса. Родовые отличия ЭЛ связаны с дифференцирующей ролью рельефа и историей развития. На основании разных вариантов пространственного соседства автономные и подчиненные ЭЛ группируются в катены определенных высотных ярусов. Однородность их



Ландшафтно-геохимическое разнообразие о. Матуа. Условные обозначения: роды элементарных ландшафтов: 1 – автономные, 2 – трансэлювиальные, 3 – трансаккумулятивные, 4 – супераквальные; классы элементарных ландшафтов: 5 – Н-класс, 6 – Н – Н-Са, 7 – Н-Fe-класс. Номера элементарных ландшафтов в клетках соответствуют их номерам в тексте

Landscape-geochemical diversity of the Matua Island. Genera of elementary landscapes: 1 – eluvial, 2 – transeluvial, 3 – transaccumulative, 4 – supraequal; classes of elementary landscapes: 5 – N-class, 6 – N – N-Ca, 7 – N-Fe-class. The numbers of elementary landscapes correspond to their numbers in the text

литогеохимической специализации определяется преобладанием андезибазальтов и пирокластического чехла, включающего позднеголоценовую андезибазальтовую тефру. Абразионно-аккумулятивные террасы (нижний ярус) сложены песками и галечниками, залегающими на андезибазальтах; их можно отнести к неэлювиальным ландшафтам, хотя морские четвертичные отложения часто перекрыты пирокластикой.

Абиогенные и примитивно-пустынные ландшафты нивального пояса доминируют в северо-западной части острова. Их разнообразие определяется миграцией вещества при современных и голоценовых извержениях, появлением трансэлювиальных комплексов на лавовых потоках (ЭЛ 1) и крутых склонах стратовулкана (ЭЛ 2, 4), соседствующих с трансаккумулятивными (ЭЛ 3) на участках с накоплением пирокластического материала. Особое место среди абиогенных ландшафтов занимают песчано-галечные пляжи (ЭЛ 5), где отсутствуют даже пионерные группировки. Тундровые, стланиковые и луговые ландшафты занимают юго-восточную и юго-западную части острова. В связи с хорошей проницаемостью пирокластического материала и отсутствием постоянных водотоков в их миграционной структуре основная роль принадлежит гравигенным потокам и латеральному перераспределению вещества в катенах при механической миграции.

Для тундровых ландшафтов характерны верещатники, сменяющиеся при увеличении гидромор-

фности луготундрами. Преобладают шикшевники, встречающиеся в широком диапазоне высот – на морских террасах среднего уровня (ЭЛ 7) и лавовых плато (ЭЛ 6), где появляются вейниково-шикшевые тундры с рододендромом. Кустарничковые и луговинные тундры ранее были отмечены на высотах около 550 м [Гришин, Терехина, 2012], их сокращение у верхней границы связано с повреждением растительности при современных извержениях. В то же время в связи с комплексностью растительного покрова тундры образуют мозаичные сочетания с ольховниками и лугами на склонах лавовых потоков (ЭЛ 12), вулканических построек (ЭЛ 14) и абразионных террас (ЭЛ 13).

Ольховый стланик в юго-восточной части острова встречается в автономных ландшафтах разновозрастных лавовых плато (ЭЛ 8) и морских террас (ЭЛ 10), в трансэлювиальных – на склонах древних конусов и вулканических построек (ЭЛ 9), а кроме того в трансаккумулятивных звеньях катен, приуроченных к конусам лахаров (ЭЛ 11). Индикатором увеличения разнообразия экологических условий в пределах стланикового пояса является изменение структуры фитоценозов, в первую очередь травяного яруса (ольховники крупнотравные, папоротниковые, вейниковые и др.).

Высоким разнообразием отличаются луговые ландшафты разных классов и родов на юго-западе и юге острова. Ландшафты Н-класса со злаково-разнотравными лугами встречаются на лавовых

плато (ЭЛ 16), склонах стратовулкана (ЭЛ 17) и плейстоценовых вулканических построек (ЭЛ 19), террасах высокого и среднего уровня (ЭЛ 20, 21). На скалистых тектонико-денудационных склонах они сочетаются с примитивно-пустынными группировками (ЭЛ 15, 18); в зоне аккумуляции гравигенных потоков луга на разновозрастных конусах лахаров (ЭЛ 22) соседствуют с пионерными группировками молодого конуса 2009 года (ЭЛ 25). Своеобразие катенарной структуры морских террас проявляется в появлении супераквальных ЭЛ. Они различаются по степени геохимической подчиненности в зависимости от происхождения вод [Глазовская, 2002]. К числу слабо подчиненных относятся ЭЛ, подверженные воздействию морских вод (особенно во время цунами). Это элементарные ландшафты Н- и Н – Н-Са-класса на низких террасах с разнотравно-колосняковыми лугами (ЭЛ 23) и галечниково-валунных пляжах с фрагментарными группировками колосняка мягкого (ЭЛ 26). Геохимически подчиненные супераквальные ландшафты Н-Fe-класса с высокотравными лугами (ЭЛ 24) формируются в зонах разгрузки вод на контакте низких террас с лавовыми потоками. В суффозионных западинах и между береговыми валами при близком залегании грунтовых вод в условиях кислого оглеения появляются злаково-осоково-ситниковые болота (ЭЛ 27), что увеличивает геохимическую контрастность сопряженных ЭЛ низких террас.

Параметры биопродукционного процесса. В настоящее время отсутствие данных по всему набору экстенсивных параметров биогенной миграции не позволяет дать детальную количественную оценку продуктивности для всех ландшафтов о. Матуа.

Для характеристики автотрофного биогенеза использована продукция травяного яруса как одного из активных звеньев БИКа. Вариабельность наземной травянистой фитомассы отражает внутреннее разнообразие ландшафтов разных типов и различия в интенсивности биопродукционного процесса, проявляющиеся уже в начале периода вегетации (табл. 1).

В стланиковом поясе наибольшая травянистая фитомасса отмечается в ольховниках с доминированием лабазника камчатского (26,4–56,8 ц/га). Они различаются по фракционной структуре фитомассы и запасу зольных элементов. В трансэлювиальных ЭЛ Н-класса с мелкоторфянистыми стратифицированными почвами у ольховников с монодоминантным лабазниковым травостоем она составляет 54,8 ц/га и отличается наибольшим запасом зольных элементов (4,99 ц/га). Близкие показатели запасов (4,3 ц/га) выявлены у злаково-лабазниковых ольховников абразионно-денудационных склонов, где при усложнении структуры фитомассы сохраняется преобладающая роль крупнотравья (42,8 ц/га) по сравнению со злаками (14 ц/га). Снижение фитомассы и запаса зольных элементов в травяном ярусе наблюдается у щитовниково-лабазниковых, щитовниковых и борщевиковых ольховников. Наименьшие значения этих показателей (соответственно 10 ц/га и 0,76 ц/га) отмечены у вейниковых ольховников на лавовых потоках.

Активизация продукционного процесса в начале вегетации у крупнотравных ольховников связана с участием в составе фитоценозов лабазника камчатского. Это молодой эндем крупнотравья Курильских островов и других приокеанических районов

Таблица 1

Фитомасса и запас зольных элементов в травяном покрове ландшафтов разных типов (начало вегетационного периода)

Название фитоценоза и число проб (в скобках)	Наземная сухая травянистая фитомасса, ц/га	Запас зольных элементов в травянистой фитомассе, ц/га
Ольховники		
Лабазниковые, злаково- и щитовниково-лабазниковые (9)	26,4–56,8	1,88–4,99
Борщевиковые и щитовниковые (4)	16,4–31,2	1,18–2,43
Вейниковые (2)	10,0–17,2	0,76–1,46
Луга		
Крупнотравные злаково-борщевиковые и злаково-разнотравные (4)	31,6–38,0	2,15–2,68
Колосняковые и разнотравно-колосняковые (3)	12,4–16,4	0,61–1,81
Вейниковые и разнотравно-вейниковые (5)	4,4–12,8	0,36–0,77
Луга в сочетании с шикшевниками		
Вейниковые и разнотравно-вейниковые (6)	8,8–16,4	0,58–1,36
Колосняковые (2)	4,0–6,8	0,21–0,37
Тундры		
Вейниковые (1)	4,8	0,33
Болота		
Осоковые (2)	4,4–20,0	0,34–1,52

Дальнего Востока. Его физиологические особенности формировались в период преобразования третичных лесов при нарастающем похолодании климата, что отразилось на способности к запасанию минеральных веществ в подземных органах и активному прорастанию побегов ранней весной еще под снегом [Урусов, 1998; и др.]. Ежегодно продуцируемая зеленая масса лабазниковых лугов составляет на Камчатке 9–10 т/га в год и увеличивается на южных островах (Сахалине, Монероне) до 12,5–19,0 т/га в год и более [Морозов, 1978; Базилевич, 1981; Степанова с соавт., 1981]. Опираясь на эти данные, можно предположить, что доля травянистой фитомассы в лабазниковых ольховниках о. Матуа весной составляет около 30–50% от ежегодной продукции травяного яруса.

По активности биопродукционного процесса луговые ландшафты о. Матуа можно разделить на две группы. В одну отнесены луга с преобладанием злаков (разнотравно-колосняковые, колосняковые, разнотравно-вейниковые, вейниковые), где травянистая фитомасса составляет 4,4–16,4 ц/га. Они приурочены к низким террасам с береговыми валами и слабо развитыми псаммоземами или к крутым абразионно-денудационным склонам террас. Сходные значения отмечены для вейниковых и колосняковых лугов, встречающихся в комплексе с шикшевниками. В приокеанических районах Дальнего Востока надземная фитомасса сообществ вейника Лангсдорфа составляет 5,8–7,8 т/га [Степанова с соавт., 1981], и он также отличается интенсивным ранним ростом. С учетом весенней травянистой фитомассы вейниковых лугов о. Матуа ее доля в их ежегодной продукции (16–22%) ниже, чем было отмечено для лабазникового крупнотравья. Это может быть обусловлено снижением фитомассы таких лугов из-за реакций вейника на изменение режима увлажнения почв на террасах и склонах в течение весеннего периода.

Другую группу составляют крупнотравные злаково-борщевиковые луга пологих склонов лавовых потоков и высоких террас, перекрытых лахарами. Их фитомасса достигает 31,6–38,0 ц/га при запасе

зольных элементов (2,15–2,68 ц/га), сопоставимом с полученным для травяного яруса борщевиковых ольховников. Значительной вариабельностью отличается фитомасса осоковых сообществ супераквальных ЭЛ, которая увеличивается (20 ц/га) в болотах присклоновых частей террас при разгрузке грунтовых вод и снижается (4,4 ц/га) в заболоченных суффузионных западинах. Различия в величинах травянистой фитомассы и запасов зольных элементов показывают определяющую роль структурно-функциональных особенностей растительных сообществ при автотрофном биогенезе в ландшафтах разных типов.

Биогеохимическая специализация растений.

Для выявления потока минеральных веществ, вовлекаемых в БИК, использованы данные по зольности (сухая зола) и интенсивности биологического поглощения элементов растениями (табл. 2). Повышенной зольностью (7,2–7,6%) отличается крупнотравье, хотя у лабазника камчатского она оказалась ниже по сравнению с данными по островам Сахалин и Монерон, где его зольность достигает 9,2–9,6% [Степанова с соавт., 1981]. Близкие данные (8,1%) получены для лабазника в лесных ландшафтах Дальнего Востока, когда накопление минеральных веществ определялось по содержанию сырой золы [Бабурин, Кольцова, 1973]. Высокая зольность и большая фитомасса крупнотравья увеличивают запас зольных элементов в травяном покрове лабазниковых и борщевиковых ольховниках и на борщевиковых лугах.

Повышенной зольностью отличаются также крестовник лжеарниковый (*Senecio pseudoarnica*) и пеннеллиант кустарниковый (*Pennellianthus frutescens*). Крестовник встречается на разнотравно-колосняковых лугах низких террас (зольность 10,2–11,3% и более), у которых запас зольных элементов в травянистой фитомассе больше, чем в монодоминантных колосняковых (соответственно 1,8 и 0,6 ц/га). Пеннеллиант относится к пионерным видам, появляющимся на свежих лавовых потоках и склонах стратовулкана. Зольность его единичных экземпляров на

Таблица 2

Зольность и биогеохимическая активность растений

Название вида	Число проб	Сухая зола, %	БХА	Элементы биологического накопления	
				10п	п
Ольховник (листья)	22	5,8	78,4	В, Р	Cu, Zn, Mn, Mo
Шикша	5	5,1	44,7		
Лабазник камчатский	18	7,2	75,6		
Борщевик шерстистый	6	7,6	56,5		
Щитовник распростертый	22	6,3	65,4		
Вейник Лангсдорфа	22	7,3	47,0	Р	B, Cu, Zn, Mn, Mo
Колосняк мягкий	28	5,6	46,3		
Злаки (по укосам)	13	6,8	36,2		
Осоки	13	7,7	42,8		

покрытых тефрой склонах, лишенных почвенного покрова, составляет 10,4–13,0%, она снижается (5,8–7,5%) там, где пеннеллиант входит в состав травяно-кустарничковых группировок на маломощных грубогумусных почвах. Такие различия согласуются с предположением о повышенной зольности растений в местообитаниях, где на стадии первичного почвообразования более интенсивное корневое питание растений минеральными веществами связано с расположением корнеобитаемого горизонта на андезитовом пепле и повышенным содержанием солей макрокомпонентов в питательном растворе [Захарихина, Литвиненко, 2011].

Тенденция к снижению зольности у ольховника (*Duschekia fruticosa*), бореальных кустарничков (шикша – *Empetrum sibiricum*) и папоротников (щитовник – *Dryopteris expansa*) согласуется с литературными данными. Из злаков наименьшая зольность (в среднем 5,6%) отмечается у такого псаммофильного вида, как колосняк мягкий (*Leymus mollis*). Ее вариабельность связана с различием экологических условий в пределах низких морских террас. Снижение зольности колосняка до 4,6–4,9% наблюдается на нижнем уровне, где пионерные группировки развиваются на слабозрелых псаммоземах в зоне сезонных штормов, а также на слабовыраженных валах без почвенного покрова. На удаленных от моря береговых валах и межваловых понижениях с разнотравно-колосняковыми лугами его зольность варьирует от 5,1 до 5,5% и увеличивается до 6,2–6,7% в вейниково-колосняковых лугах и лугах с ольховником на псаммоземах и грубогумусовых почвах.

Зольность вейника Лангсдорфа выше, чем колосняка (от 5,5 до 9,1%, в среднем 7,3%). Это близко к результатам, полученным по сухой (8,7%) и сырой (4,4–9,8%, в среднем 8,9%) золе в его надземных органах для других районов Дальнего Востока [Бабурин, Кольцова, 1973; Степанова с соавт., 1981]. Сходные данные (9,2%) получены нами для островов Северной Пацифики со скоплениями морских колониальных птиц [Иванов, Авессаломова, 2008]. На о. Матуа снижение зольности вейника до 5,5–5,9% отмечается в единичных случаях при его участии в составе несформированных растительных группировок на свежих лавовых потоках, а также в травяном ярусе ольховников крутых склонов. Повышение обнаружено в крупнотравных ольховниках, что определяет увеличение запаса зольных элементов (до 1,46 ц/га) в их травяном ярусе. Зольность осок, как и вейника, в среднем составляет 7,7% и снижается до 5,9% в разреженных пионерных группировках на высотах около 800 м, где соседствуют отдельные экземпляры осоки желтоконечной (*Carex flavocuspis*) и пеннеллианта. Очевидно, особенности филогенетической специализации определяют различную способность этих видов к запасанию минеральных веществ в сходных эдафотопях. Зольность осок увеличивается до 6,8–8,6% и более в супераквальных ЭЛ в местах разгрузки грунтовых вод и в болотах низких морских террас.

Наряду с зольностью, различия в филогенетической специализации растений проявляются в их биогеохимической активности к поглощению микроэлементов (табл. 2). По величине БХА их можно объединить в две группы. В первую группу (БХА 56,5–78,4) вошли ольховник и лабазник, отличающиеся самой высокой БХА, а также борщевик (*Heracleum lanatum*) и щитовник. Вторая группа (БХА 36,2–47,0) включает бореальные кустарнички (шикша), злаки и осоки. Пониженная БХА злаков и осок связана в первую очередь со снижением поглощения В, что характерно для видов этих систематических групп. Близкое содержание микроэлементов в тефре и почвах не вносит существенных изменений при оценке биогеохимической активности растений, рассчитанной по кларкам концентрации и коэффициентам биологического поглощения.

В рядах биологического поглощения у всех видов к элементам энергичного накопления относится Р (КК 25–32), хотя активность его поглощения ниже у шикши и крестовника (КК 13–14). Такое положение Р в рядах согласуется с данными по Камчатке. Его содержание в золе вейника Лангсдорфа на о. Матуа составляет 15 000–30 000 мг/кг (КК до 28). На Камчатке в районе вулкана Карымский оно варьирует от 14 422 до 36 742 мг/кг, что связывается с отсутствием у этого злака физиологических барьеров поглощения Р и ряда других элементов (Мо, В) в связи со стрессовыми условиями в зоне активных пеплопадов [Захарихина, Литвиненко, 2011]. Содержание В у вейника на о. Матуа меньше, чем на Камчатке (соответственно 30–40 мг/кг и 84–181 мг/кг). Снижение его биопоглощения отмечено и у других злаков и осок, что согласуется с их специализацией.

В группу элементов сильного накопления вошли Cu, Zn, Mn и Mo, у отдельных видов Sr и Ba, что говорит о преобладании катионогенных элементов. Для лабазника камчатского это подтверждает связь центров его видообразования с гумидными ландшафтами третичных лесов. Варьирование содержания отдельных элементов и изменение их положения в рядах разных растений отражает особенности их филогенетической специализации и влияние местных факторов. Обеспеченность растений Mn обусловлена особенностями литогенной основы и обстановкой водной миграции. Он входит в ассоциацию элементов, накапливающихся в андезибазальтах, тефре и почвах, а его доступность растениям поддерживается преобладанием ландшафтов Н-класса. Наибольшей активностью к поглощению Mn отличаются крупнотравные виды (лабазник, борщевик), щитовник и вейник Лангсдорфа. Сходные данные получены для растений Камчатки, островов Сахалин, Монерон, Кунашир и других островов, сложенных магматическими породами [Ивлев, 1973; Степанова с соавт., 1981; Добровольский, 1998; Захарихина, Литвиненко, 2011; Фураев, 2013]. Для супераквальных ландшафтов Н-Fe-класса на о. Матуа характерно повышенное содержание и подвижность Mn в болотных водах [Авессаломова с соавт., 2018], что способствует увеличению его поглоще-

ния осоками. Активное накопление Sr на береговых террасах у шикши и крестовника связано, очевидно, с переносом этого талассофильного элемента с океана.

Значительная часть микроэлементов слабо захватывается растениями ($KK < 1$). Одни из них не играют профилирующей роли в составе тefры (Ni, Sn, Be и др.), другие входят в парагенную ассоциацию накапливающихся элементов (V, Ti, Sc и др). Несмотря на обогащенность тefры и почв V, этот аниогенный элемент отличается слабой подвижностью в ландшафтах Н-класса и мало доступен растениям. Увеличение активности поглощения V зафиксировано у пеннеллианта (80–100 мг/кг) на свежих лавовых потоках, где снижается кислотность тefрового слоя. По интенсивности его накопления пеннеллиант выделяется среди остальных видов, что может быть связано с филогенетической специализацией пионерных видов на склонах вулкана.

Выводы:

– ландшафтно-геохимическое разнообразие о. Матуа определяется совместным действием факторов, с которыми связано соседство разновозрастных бореально-субарктических ландшафтов с разным типом БИКа. Влияние вулканической деятельности проявляется в появлении примитивно-пустынных ландшафтов на разных высотных уровнях, сокращении площади тундр, развитии ольховников (вместо кедрового стланика) и увеличении сложности растительного покрова. При постоянстве литогеохимической специализации андезибазальтового субстрата наблюдается увеличение разнообразия родов элементарных ландшафтов в связи с активностью современных процессов и механической миграции, различием структуры катен на вулканических постройках и морских террасах.

Замедленность БИКа при низкой скорости разложения мортмасс способствует увеличению кислотности грубогумусных почв и формированию ландшафтов Н-класса. Увеличение контрастности обстановок водной миграции связано с появлением супераквальных ландшафтов Н-Fe-класса в местах разгрузки подземных вод и в заболоченных западинах, Н – Н-Са-класса – в береговой полосе в зоне влияния морских вод;

– однотипные ландшафты различаются по структуре травяного покрова и вариативности травянистой фитомассы уже в начале вегетационного периода. По активности ее продуцирования выделяются ольховники крупнотравные и борщевиковые луга в отличие от вейниковых и колосняковых лугов. Варьирование запаса минеральных веществ зависит от активности их накопления доминантами лугов в разных элементарных ландшафтах. Снижение зольности колосняка наблюдается на слабозрелых псаммоземах низких террас в зоне сезонных штормов, у вейника Лангсдорфа – на молодых лавовых плато и в несомкнутых растительных группировках на крутых склонах;

– высокой биогеохимической активностью в отношении микроэлементов отличаются ольховники, представители крупнотравья и папоротников, пониженной – бореальные кустарнички, злаки и осоки. Их общим свойством является энергичное поглощение P и сильное накопление катиогенных элементов (Mn, Cu, Zn и др.). Наряду с филогенетической специализацией включение элементов в БИК корректируется субстратом и обстановкой, определяющей доступность элементов растениям.

Благодарности. Исследования проводились при поддержке Русского географического общества (проект № 02/2017-Р).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авессаломова И.А., Иванов А.Н., Савенко А.В.* Водная миграция химических элементов в ландшафтах вулканических островов Центральных Курил (на примере о. Матуа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 1. С. 73–80.
- Бабурин А.А., Кольцова А.Г.* Зольность растений таежных и хвойно-широколиственных ландшафтов Дальнего Востока // Ландшафты юга Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1973. С. 68–73.
- Базилевич Н.И.* Продуктивность, энергетика и биогеохимия наземных экосистем Тихоокеанского кольца // Вопросы географии. Сб. 17. Геофизика ландшафта. М.: Мысль, 1981. С. 146–208.
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 381 с.
- Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
- Глазовская М.А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск: Ойкумена, 2002. 287 с.
- Гришин С.Ю., Терехина Н.В.* Растительный покров острова Матуа (Курильские острова) // Комаровские чтения. 2012. Вып. LIX. С. 188–229.
- Дегтерев А.В.* Петрохимические особенности продуктов современных извержений вулкана Пик Сарычева, остров Матуа (Курилы) // Вестник ДВО РАН. 2011. № 6. С. 94–99.
- Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
- Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С.* Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. М.: Наука, 2011. 245 с.
- Иванов А.Н.* Особенности ландшафтной структуры острова Матуа (Центральные Курилы) // Известия Русского Географического общества. 2017. Т. 149. Вып. 5. С. 26–35.
- Иванов А.Н., Авессаломова И.А.* Ландшафтно-геохимические особенности орнитогенных геосистем Ямских островов (Охотское море) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2008. № 2. С. 35–42.
- Ивлев А.М.* К вопросу о биогеохимическом районировании о. Сахалин // Ландшафты юга Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1973. С. 107–115.
- Игнатенко Н.В., Пугачев А.А.* Динамика растительной массы и биологический круговорот в горнотундровых и кедровостликовых ландшафтах Северного Охотоморья // Биологический круговорот в тундролесьях юга Магаданской области. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 92–124.

Морозов В.Л. Запасы надземной и подземной фитомассы крупнотравья и его доминантов на Сахалине // Ботанический журнал. Т. 63. № 3. Л.: Наука, 1978. С. 381–387.

Перельман А.И. Геохимический ландшафт как самоорганизующаяся система // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 4. С. 10–16.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 339 с.

Побережная Т.М., Веселов О.В. Экологические исследования на стыке биологических и геологических наук // Вестн. ДВО РАН. 2011. № 6. С. 43–47.

Пугачев А.А. Биологический круговорот и почвообразование в ландшафтах Крайнего Северо-Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2009. 116 с.

Степанова К.Д., Белая Г.А., Качура Н.Н. и др. Биологическая продуктивность луговых сообществ Дальнего Востока (приокеанические районы). М.: Наука, 1981. 228 с.

Урусов В.М. География и палеогеография видообразования в Восточной Азии (сосудистые растения). Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1998. 167 с.

Фураев Е.А. Геохимия ландшафтов острова Кунашир (Курильские острова). М.: Прометей, 2013. 181 с.

Ikegami N., Satake T., Nagayama Y, Inubushi K. Biogeochemical Si cycling in bamboo forests with evergreen broad-leaved forest and coniferous forest in a temperate climate // Japanese Journal of Forest Environment. 2015. Vol. 57. № 1. P. 7–17.

Mizuno T., Horie K., Nosaka S. et al. Serpentine Plants in Hokkaido and their Chemical Characteristics // Northeastern Naturalist. 2009. Vol. 16. P. 65–80.

Shibata H. Impact of winter climate change on nitrogen biogeochemistry in forest ecosystems: A synthesis from Japanese case studies // Ecological Indicators. 2016. Vol. 65. P. 4–9.

Поступила в редакцию 09.01.2018

После доработки 24.04.2019

Принята к публикации 24.05.2019

I.A. Avessalomova¹, A.N. Ivanov²

BIOGEOCHEMISTRY OF LANDSCAPES OF THE MATUA ISLAND (CENTRAL KURIL ISLANDS)

A significant landscape-geochemical diversity of Matua Island is shown, which is determined by active volcanic activity, ocean influence and the intensity of modern exogenous processes. The biogeochemical heterogeneity of catenas is increasing due to the complexity of vegetation cover and the proximity of elementary landscapes with different types of biological cycle. The phytomass of the grass layer and the stock of ash elements in it, as well as the ability of plants to absorb microelements, were chosen as indicators of the bioproduction process. It has been revealed that the production of phytomass is higher in large-grass and fern alders than in reed grass and barley meadows. With a general tendency to the accumulation of cationic elements (Mn, Cu, Zn), the biogeochemical activity of alder, large grass and ferns is higher compared to boreal shrubs, grasses and sedges. Along with the species specialization of plants, the involvement of elements into the biological cycle is corrected by the ecological and geochemical characteristics of the habitats.

Key words: Kuril Islands, the Matua Island, geochemical landscapes, diversity, bioproductivity, biogeochemical activity of plants

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Geographical Society (project № 02/2017-R).

REFERENCES

Avessalomova I.A., Ivanov A.N., Savenko A.V. Vodnaja migracija himicheskih jelementov v landshaftah vulkanicheskikh ostrovov Central'nyh Kuril (na primere o. Matua) [Water migration of chemical elements in the landscapes of volcanic islands of the Central Kurils (case study of the Matua Island)] // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 2018. № 1. P. 73–80. (In Russian)

Baburin A.A., Kol'cova A.G. Zol'nost' rastenij taezhnyh i hvojno-shirokolistvennyh landshaftov Dal'nego Vostoka [Ash content of plants of taiga and coniferous-broadleaf landscapes of the Far East] // Landshafty Juga Dal'nego Vostoka. Novosibirsk: Nauka, 1973. P. 68–73. (In Russian)

Bazilevich N.I. Produktivnost', jenergetika i biogehimija nazemnyh jekosistem Tihookeanskogo kol'ca [Productivity, energy

and biogeochemistry of terrestrial ecosystems of the Pacific Rim] // Voprosy Geografii. Sb. 17. Geofizika Landshafta. M.: Mysl', 1981. P. 146–208. (In Russian)

Bazilevich N.I., Titljanova A.A. Bioticheskij krugovorot na pjati kontinentah: azot i zol'nye jelementy v prirodnyh nazemnyh jekosistemah [Biotic cycle on five continents: nitrogen and ash elements in natural terrestrial ecosystems]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2008. 381 p. (In Russian)

Degterev A.V. Petrohimicheskie osobennosti produktov sovremennyh izverzenij vulkana Pik Sarycheva, ostrov Matua (Kurily) [Petrochemical features of modern eruption products of the Sarychev Peak volcano, the Matua Island (the Kurils)] // Vestnik DVO RAN. 2011. № 6. P. 94–99. (In Russian)

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

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail:* a.n.ivanov@mail.ru

- Dobrovolskij V.V.* Osnovy biogeohimii [Basics of biogeochemistry] M.: Vysshaja shkola, 1998. 413 p. (In Russian)
- Furaev E.A.* Geohimija landshaftov ostrova Kunashir (Kuril'skie ostrova) [Geochemistry of the Kunashir Island landscapes (Kuril Islands)]. M.: Prometej, 2013. 181 p. (In Russian)
- Glazovskaja M.A.* Geohimicheskie osnovy tipologii i metodiki issledovanij prirodnyh landshaftov [Geochemical basics of typology and methods of natural landscapes investigation]. Smolensk: Ojkumena, 2002. 287 p. (In Russian)
- Grishin S.Ju., Terehina N.V.* Rastitel'nyj pokrov ostrova Matua (Kuril'skie ostrova) [Vegetation cover of the Matua Island (Kuril Islands)] // Komarovskie Chtenija. 2012. V. LIX. P. 188–229. (In Russian)
- Ignatenko N.V., Pugachev A.A.* Dinamika rastitel'noj massy i biologicheskij krugovorot v gornotundrovyh i kedrovostlanikovyh landshaftah Severnogo Ohotomor'ja [The dynamics of plant mass and the biological cycle in the mountain tundra and cedar-dwarf-pine landscapes of the Northern Sea of Okhotsk area] // Biologicheskij Krugovorot v Tundroles'jah Juga Magadanskoj Oblasti. Vladivostok: DVNC AN SSSR, 1979. P. 92–124. (In Russian)
- Ikegami N., Satake T., Nagayama Y., Inubushi K.* Biogeochemical Si cycling in bamboo forests with evergreen broad-leaved forest and coniferous forest in a temperate climate // Japanese Journal of Forest Environment. 2015. Vol. 57. № 1. P. 7–17.
- Ivanov A.N.* Osobennosti landshaftnoj struktury ostrova Matua (Central'nye Kurily) [Specific features of landscape structure of the Matua Island (Central Kurils)] // Izvestija Russkogo Geograficheskogo Obshhestva. 2017. V. 149. № 5. P. 26–35. (In Russian)
- Ivanov A.N., Avessalomova I.A.* Landshaftno-geohimicheskie osobennosti ornitogennyh geosistem Jamskih ostrovov (Ohotskoe more) [Landscape-geochemical features of ornithogenic geosystems of the Yamskie Islands (the Sea of Okhotsk)] // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 2008. № 2. P. 35–42. (In Russian)
- Ivlev A.M.* K voprosu o biogeohimicheskom rajonirovanii o. Sahalin [To the question of biogeochemical zoning of the Sakhalin Island] // Landshafty Juga Dal'nego Vostoka. Novosibirsk: Nauka, 1973. P. 107–115. (In Russian)
- Mizuno T., Horie K., Nosaka S. et al.* Serpentine Plants in Hokkaido and their Chemical Characteristics // Northeastern Naturalist. 2009. Vol. 16. P. 65–80.
- Morozov V.L.* Zapasy nadzemnoj i podzemnoj fitomassy krupnotrav'ja i ego dominantov na Sahaline [Stocks of aboveground and underground phytomass of large grass and its dominants on the Sakhalin Island] // Botanicheskij Zhurnal. T. 63. № 3. 1978. P. 381–387. (In Russian)
- Perel'man A.I.* Geohimicheskiy landshaft kak samoorganizujushhajasja sistema [Geochemical landscape as a self-organizing system] // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija. 1995. № 4. P. 10–16. (In Russian)
- Perel'man A.I.* Geohimija landshafta [Landscape Geochemistry] M.: Vysshaja Shkola, 1975. 339 p. (In Russian)
- Poberezhnaja T.M., Veselov O.V.* Jekologicheskie issledovanija na styke biologicheskij i geologicheskij nauk [Ecological investigations at the junction of biological and geological sciences] // Vestn. DVO RAN. 2011. № 6. P. 43–47. (In Russian)
- Pugachev A.A.* Biologicheskij krugovorot i pochvoobrazovanie v landshaftah Krajnego Severo-Vostoka Rossii [Biological cycle and soil formation in landscapes of the Extreme Northeast of Russia]. Magadan: SVNC DVO RAN, 2009. 116 p. (In Russian)
- Shibata H.* Impact of winter climate change on nitrogen biogeochemistry in forest ecosystems: A synthesis from Japanese case studies // Ecological Indicators. 2016. Vol. 65. P. 4–9.
- Stepanova K.D., Belaja G.A., Kachura N.N. et al.* Biologicheskaja produktivnost' lugovyh soobshhestv Dal'nego Vostoka (priokeanicheskie rajony) [Biological productivity of meadow communities of the Far East (near oceanic areas)]. M.: Nauka, 1981. 228 p. (In Russian)
- Urusov V.M.* Geografija i paleogeografija vidoobrazovanija v Vostochnoj Azii (sosudistye rastenija) [Geography and paleogeography of speciation in East Asia (vascular plants)]. Vladivostok: TIG DVO RAN, 1998. 167 p. (In Russian)
- Vinogradov A.P.* Srednee sodержanie himicheskij jelementov v glavnyh tipah izverzhennyh gornyh porod zemnoj kory [Average concentrations of chemical elements in the main types of effusive rocks of the Earth's crust] // Geohimija. 1962. № 7. P. 555–571. (In Russian)
- Zaharihina L.V., Litvinenko Ju.S.* Geneticheskie i geohimicheskie osobennosti pochv Kamchatki [Genetic and geochemical features of soils of the Kamchatka Peninsula]. M.: Nauka, 2011. 245 p. (In Russian)

Received 09.01.2018

Revised 24.04.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 630*182:581.5

А.А. Бердникова¹, Е.А. Долгова², Р.Н. Курбанов³

ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСНЫ КУЛУНДИНСКОЙ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА

Территория Казахстана представляет собой белое пятно на карте дендрохронологических исследований. Впервые для двух ключевых участков – Каркаралинского горного массива и массива Кент – по шести опытным площадкам проанализировано 140 образцов сосны обыкновенной кулундинской (*Pinus sylvestris* ssp. *kulundensis*). Это дерево обладает хорошей чувствительностью, необходимой для построения древесно-кольцевых хронологий и их сопоставления с климатическими параметрами. Построена древесно-кольцевая хронология по ширине годичных колец, охватывающая период с 1639 по 2015 г. общей продолжительностью 376 лет. Определен абсолютный возраст каждого образца. Выявлена связь особенностей роста деревьев в регионе исследований с климатическими факторами: установлено, что на прирост древесины наиболее заметное воздействие оказывает количество осадков, выпадающее в теплый период года (количество осадков – лимитирующий фактор прироста), климатический отклик на температуры тех же месяцев отрицательный. Для надежной части полученной древесно-кольцевой хронологии (с 1803 г.) выявлены наиболее засушливые годы: 1997, 1984, 1954, 1910, 1899, 1836, 1798; и периоды: с 1973 по 1976, с 1875 по 1879 и с 1806 по 1808 гг. Сопоставление полученной для изученных районов Центрального Казахстана древесно-кольцевой хронологии по ширине годичных колец с эталонной дендрохронологической шкалой по Алтаю обнаруживает наличие общих климатических трендов в регионах начиная со второй половины XIX в. Выполненное исследование доказывает целесообразность применения дендрохронологического метода для более глубокого изучения колебаний климата аридной зоны в предшествующие столетия.

Ключевые слова: Центральный Казахстан, дендрохронология, дендроклиматология, голоцен

Введение. Для реконструкции эволюции природной среды Средней Азии значительный интерес представляет голоценовая история развития ландшафтно-климатических условий Центрального Казахстана. Детально изучить события последних сотен лет современного межледниковья позволяет дендрохронологический метод, использование которого обусловлено наличием в Центральном Казахстане уникальных памятников природы – островных горных гранитных массивов, поросших реликтовыми соснами.

В пределах данной территории доступно малое количество палеогеографических архивов, позволяющих детально реконструировать события в рамках голоцена. Исследуемый регион в настоящее время изучен фрагментарно. Опубликованные данные демонстрируют расхождения между результатами, полученными разными методами. Имеются обширные работы по геоморфологии и структурной геологии Казахского мелкосопочника [Воскресенский, 1968; Мещеряков, 1972; Сваричевская, 1957, 1965; Щукин, 1983]. Большинство исследований, посвященных изучению колебания климата Казахстана в голоцене, основано на результатах палинологического анализа и абсолютного датирования голоценовых отложений Казахстана и сопредельных районов [Кременецкий с соавт., 1994; Климанов с соавт., 1994; Нигматова, 2002, 2010; Тарасов, 1992;

Rao et al., 2019; Tarasov et al., 1997; Zhang, Feng, 2018]. Среди дендрохронологических материалов встречаются немногочисленные публикации, посвященные Казахскому мелкосопочнику [Григорьев, Карнаухова, 2013, 2014], а также археологическим изысканиям на территории Казахстана [Baigunakov, Sabdenova, 2014; Haruda, 2018; Macklin et al., 2015; Panyushkina et al., 2010; Panyushkina, 2012]. Специальных исследований, посвященных дендрохронологии Казахского мелкосопочника и, в частности, Каркаралинского массива в настоящее время нет. Данная территория представляет собой белое пятно на карте дендрохронологических исследований: отсутствуют даже хронологии продолжительностью в несколько десятилетий. Для того чтобы понять механизмы, которые влияют на выпадение осадков, необходимы долговременные наблюдения за атмосферными процессами и ряды метеорологических данных, которые, к сожалению, здесь непродолжительны и отрывочны. Поэтому дендрохронологические и дендроклиматические реконструкции могут иметь большое значение для палеогеографии этого региона.

В данной работе представлены результаты построения древесно-кольцевых хронологий и их сопоставления с климатическими параметрами восточной части Казахского мелкосопочника. Такие исследования на данной территории проводятся

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, студент-магистр; *e-mail*: alinaberdnikowa@yandex.ru

² Институт географии РАН, отдел гляциологии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail*: dolgova@igras.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail*: roger.kurbanov@gmail.com

впервые. Определен абсолютный возраст каждого из 140 образцов, выявлена связь особенностей роста деревьев с климатическими факторами, установлены наиболее засушливые годы и периоды.

Природные условия изучаемого района. Район исследований представляет собой восточную часть Карагандинской области. В физико-географическом отношении регион относится к Центральному Казахстану, занимает возвышенную часть Казахского мелкосопочника, местное название которого Сарыарка («желтая спина»). Он относится к цокольным равнинам Центрального Казахстана, ограниченным по периферии плоскими равнинами Тургайского прогиба (на севере, западе и северо-востоке), юга Западной Сибири и Иртышской впадиной. На юго-востоке и юго-западе граница проходит по зоне гор и межгорных впадин Южного Казахстана, на юге – по северному берегу оз. Балхаш. Область главного Балхаш-Иртышского водораздела объединяет горы Каркаралинские, Кувские, Кент, Кызылрай и другие, образующие ландшафт изолированных куполовидных возвышенностей. Абсолютные отметки их меняются от 1000 м до 1565 м (наивысшая точка г. Аксоран горы Кызылрай). Самым высоким изучаемым горным массивом является Каркаралинский (1340 м). Относительные превышения положительных форм рельефа составляют 100–150 м, а в центральной водораздельной полосе вершины возвышаются над долинами на 400–500 м. Из-за глубокого внутриматерикового положения климат изучаемого района континентальный. Его главные черты – крайняя засушливость, малоснежная холодная зима, жаркое лето, небольшое количество атмосферных осадков, интенсивное испарение и частые сильные ветры.

Следуя в основном за географическим распределением поступающего солнечного тепла, средние годовые температуры воздуха последовательно возрастают с севера на юг. Резкие колебания температур наблюдаются не только по сезонам года, но и в течение суток. Наиболее холодным месяцем является февраль (средняя температура колеблется от -16°C до -12°C), хотя в настоящее время отмечается тенденция к смещению «пика холода» на январь. Температура значительно снижается в периоды вторжения арктических воздушных масс. Ее минимум за весь период инструментальных наблюдений (-56°C) зафиксирован всего в нескольких десятках километров к западу от исследуемой территории. Положительная среднемесячная температура наблюдается с апреля по октябрь включительно. Средняя летняя температура колеблется от 16°C до 24°C . Максимальной величины она достигает в конце июля – начале августа. В отдельные дни температура воздуха поднимается до 36°C .

Засушливость – одна из основных особенностей изучаемой территории. Характерное количество осадков для холодного периода года составляет 50–100 мм [Атлас СССР, 1983]. В особо влажные годы на северных склонах гор выпадает до 150 мм. В теплый период года этот показатель увеличивается

до 150–200 мм, редко до 300 мм. Однако инструментальные наблюдения свидетельствуют о том, что количество осадков на рассматриваемой территории составляет в среднем 40–50 мм. Самый влажный месяц – июль, в то время как самый сухой – январь. Режим выпадения осадков является одним из основных факторов, влияющих на рост деревьев. Поэтому вегетационный период начинается ориентировочно с мая, когда отмечается резкое увеличение количества осадков.

В низкоротных областях развиты грубые скелетные почвы под сосновыми лесами. В целом, гранитные массивы слабо затронуты почвообразованием.

Растительность Казахского мелкосопочника относительно бедна и представлена преимущественно ксерофильными видами. Степной ландшафт оживляют сосновые боры на гранитных массивах и озера, низкие террасы которых заняты злаково-разнотравной луговой растительностью или густо поросли кустарниками и тальником. Но современной флоре предшествовали другие типы растительности, которые в своем большинстве к настоящему времени уже исчезли или местами сохранились в виде реликтов. Именно к таким реликтам южносибирской флоры [Сваричевская, 1965] относятся островные сосновые боры изучаемых гранитных массивов (Каркаралинского, Кент и Ку).

Материал и методы исследований. Полевые исследования проведены в Центральном Казахстане на территории Карагандинской области в окрестностях г. Каркаралинск, г. Егиндыбулак и пос. им. Аманжолова. Образцы для дендрохронологического анализа отбирались методом ручного бурения. Всего было отобрано и доставлено в Москву 180 образцов.

Отбор образцов проводился в пределах нескольких участков. Среди них ключевыми для исследования являются участки Каркаралинского массива и массива Кент (рис. 1).

В качестве объекта исследования выбрана сосна обыкновенная кулундинская (*P. sylvestris* ssp. *kulundensis*), так как этот вид преобладает на гранитных массивах Карагандинской области. Важно отметить, что все образцы были отобраны из экземпляров *P. sylvestris* ssp. *kulundensis*, развитых на скалистых склонах, где почвенно-грунтовые условия неблагоприятны для их произрастания.

Образцы по возможности отбирались из деревьев разного возраста. Основная задача состояла в поиске наиболее старых деревьев. Однако кольца у них зачастую значительно мельче, чувствительность древесно-кольцевых хронологий снижена и, кроме того, наблюдается массовое выпадение колец. Все это затрудняет измерение и датировку, а значит и реконструкцию изменений условий среды. Для того чтобы облегчить получение достоверных хронологий, на площадках были также отобраны образцы из молодых и средневозрастных деревьев.

В качестве образцов для дендрохронологического анализа использовались буровые керны из жи-

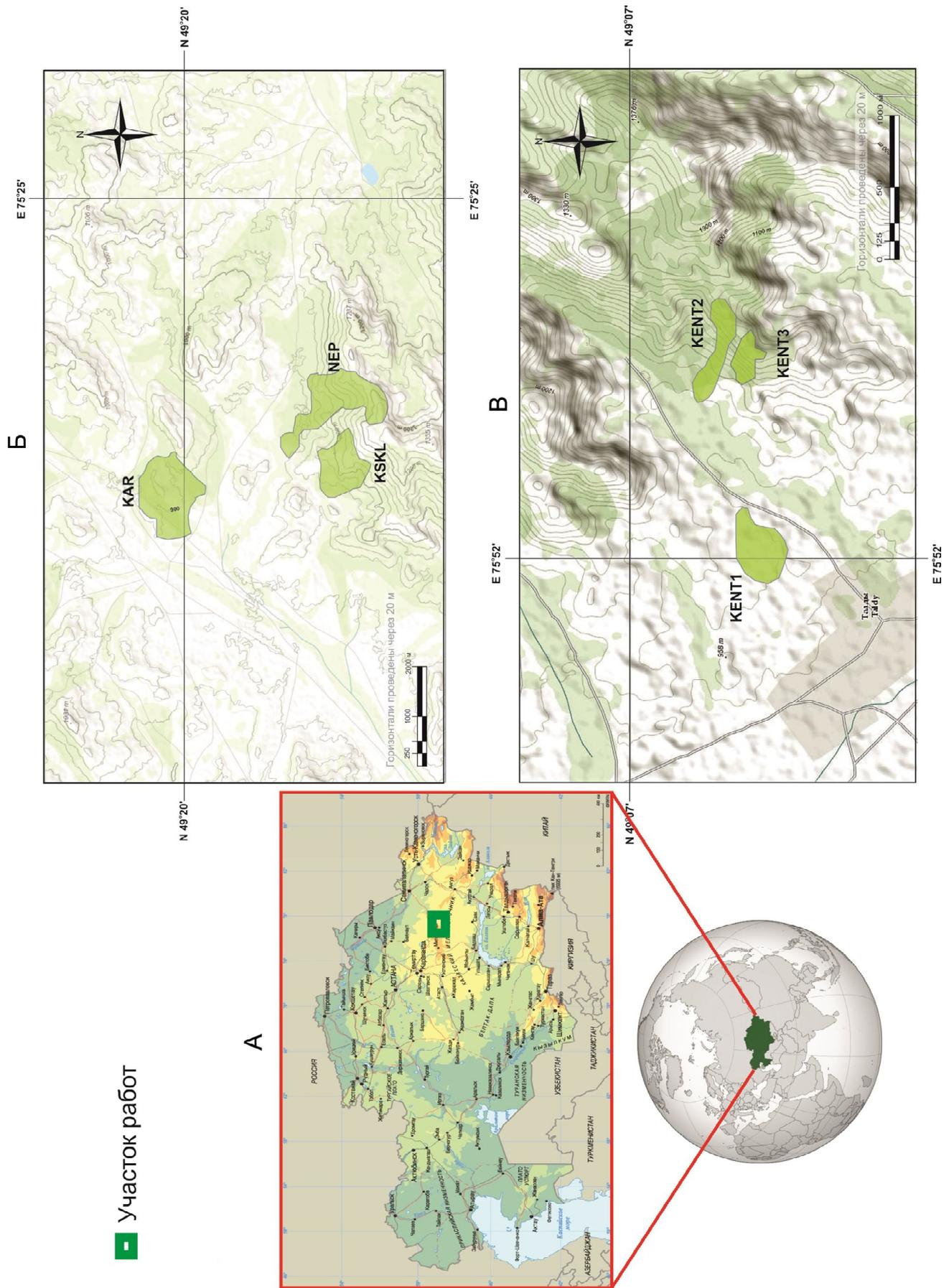


Рис. 1. Положение ключевых участков на схеме. А – общее расположение; Б – Каркаралинский ключевой участок; В – ключевой участок Кент

Fig. 1. Location of key areas on the scheme. A – general position; Б – Karkaralinskii key-site; В – key-site Kent

вых и сухих деревьев. Для отбора образцов из живых деревьев использовался возрастной буров Пресслера. С его помощью были получены радиальные керны диаметром 4–5 мм. Длина бура составляла, как правило, от 10 до 50 см и менялась в зависимости от диаметра ствола, свойств древесины и ее подверженности различным факторам внешней среды. Керны, согласно общепринятой методике, отбирались по нескольким радиусам. Бурение производилось в направлении, перпендикулярном продольной оси ствола дерева. В том случае, когда ствол был единым и имел диаметр меньший или равный длине бура, дерево пропиливалось насквозь и мы получали два противоположных радиуса.

В основе всех подходов к окончательной датировке лежит метод перекрестного датирования (cross-dating method) [Wigley et al., 1987]. Он заключается в использовании неповторимого во времени рисунка годичных колец древесины и позволяет с высокой точностью определить календарную дату выпадающих или ложных колец. Это особенно актуально для нашей работы. Первоочередной задачей являлось получение абсолютного возраста образцов, то есть точное определение календарной даты образования всех годичных колец. Изображения отсканированных кернов в высоком разрешении (1500 dpi) были использованы в программе Coorecorder для измерения ширины годичных колец в полуавтоматическом режиме. Образцы с очень узкими годичными кольцами измерялись на полуавтоматической установке LINTAB-5 с точностью 0,01 мм. Измерения и первоначальная перекрестная датировка образцов производились в программе CDendro и TSAP-Win. В качестве эталонных использовались самые узкие и самые широкие кольца, а также кольца, содержащие патологические структуры. Нарушение синхронности в изменчивости прироста между сравниваемыми образцами или смещение эталонных колец свидетельствовало о наличии выпавших или ложных колец.

После первоначальной перекрестной датировки проводилась проверка в программе COFESHA. В этой программе также контролировалось качество измерений и выполнялся поиск выпадающих и ложных колец. Для перекрестной датировки образцов в программах TSAP-Win и CDendro используется индекс перекрестной датировки (Cross-Date Index, **CDI**), являющийся интегральной характеристикой, основанной на коэффициенте корреляции Пирсона, коэффициенте синхронности, *t*-value и нескольких других статистиках [Мацковский, 2013]. Как правило, в программе COFESHA для перекрестной датировки используется разбиение серии измерений на 50-летние интервалы с наложением по 25 лет, однако в данной работе из-за небольшого возраста деревьев серии измерений разбивались на 30-летние интервалы с наложением по 15 лет. Затем осуществлялась независимая датировка этих интервалов.

В программе COFESHA выводятся все коэффициенты корреляции для последовательного сдвига интервалов от -10 до +10 лет от текущей пози-

ции. Если хотя бы для одного такого сдвига коэффициент корреляции окажется больше, чем на текущей позиции, или будет статистически значимым, программа выдает предупреждение [Мацковский, 2013].

Абсолютный прирост древесины, помимо климата, зависит от многих других факторов, например, от возрастных изменений, от конкурентных взаимоотношений в ареале произрастания, от катастрофических явлений и проч. Влияние этих неклиматических факторов было по возможности минимизировано для сопоставления изменчивости прироста древесины и выделения общего климатического сигнала. Этого можно было добиться с помощью стандартизации или индексирования. Для каждого образца подбиралась индивидуальная биологическая кривая роста, заданная детерминированной функцией, то есть такой функцией, которая каждый раз возвращает один и тот же результат, если предоставлять ей один и тот же набор входных значений и использовать одно и то же состояние базы данных [Мацковский, 2013]. Затем путем деления рассчитывались индексы значения ширины кольца из соответствующего значения аппроксимирующей кривой.

Индексированные данные обладают инерционностью или автокорреляцией, так как климат в год *t* влияет на прирост дерева и в последующие годы (*t*+1, *t*+*n*) ввиду откладывания сахаров и сохранения хвои на протяжении нескольких лет [Methods ..., 1990]. Для устранения автокорреляционной составляющей была использована модель авторегрессии, с помощью которой автокорреляция из индивидуальных серий индексов была удалена. После этого полученные ряды усреднялись. Этот процесс позволил усилить сигнал высокочастотной составляющей климатической изменчивости в хронологиях [Hughes, Swetnam, 2011].

После построения хронологии необходимо проверить ее надежность. Наиболее часто используемым критерием оценки качества хронологии является выраженный сигнал популяции (Expressed Population Signal или **EPS**) [Wigley et al., 1984]. В последние десятилетия считается, что если значение EPS, высчитанное для хронологии с помощью 30-летнего «плавающего» окна с 29-летним перекрытием, превышает 0,85, то хронология надежна. Этот порог ($EPS > 0,85$) стал эталоном, определяющим выборки и периоды, пригодные для реконструкции. Такой показатель означает, что из-за уменьшения числа образцов погрешность хронологии возрастет не более чем на 15% по сравнению с генеральной совокупностью. Однако не существует очевидного способа определить величину EPS, которая бы гарантировала, что конкретная хронология подходит для реконструкции климатических условий. Основоположники метода Т.М.Л. Вигли, К.Р. Бриффа и П.Д. Джонс [Wigley et al., 1984; Methods ..., 1990] писали о том, что «сила общего сигнала не может быть интерпретирована исключительно в климатических терминах, поскольку общая дисперсия мо-

жет также возникнуть из других факторов», а значит, ни одна конкретная величина EPS не может считаться адекватной или минимальной для обеспечения надежности хронологии [Buras, 2017]. Правильнее сказать, что EPS является мерой того, насколько хорошо конкретная конечная выборка данных представляет возможную бесконечно продолжительную хронологию. Также EPS указывает на изменчивость сигнала популяции во времени [Wigley et al., 1984], что не обязательно отражает интенсивность климатического сигнала, который должен быть реконструирован. Согласно последним данным [Buras, 2017], вместо измерения показателя EPS для математически более верных построений в некоторых случаях лучше использовать параметр уровня сигнала подвыборки (Subsample Signal Strength или SSS), также описанный в работе Т.М.Л. Вигли с соавторами [Wigley et al., 1984], или проверочные тесты с перекрестной калибровкой [Buras et al., 2017].

Несмотря на перечисленные ограничения, использование параметра EPS может помочь идентифицировать периоды с низкой прогностической мощностью, так как зачастую низкие значения EPS указывают на малый размер выборки, как, например, в данной работе для периода, предшествующего 1803 году.

В разных климатических условиях начало, окончание и продолжительность вегетационного сезона различны, а фенологические наблюдения, по которым определяются эти характеристики, зачастую отсутствуют. В связи с этим нами был взят в рас-

смотрение временной период с 1 апреля по 30 октября текущего года, охватывающий сезоны вегетации на территории Сибири. В качестве климатических переменных использованы данные по среднесуточным температурам воздуха и суточным осадкам, измеренным в течение ряда лет [Koninklijk ..., <https://www.knmi.nl>].

Результаты исследований и их обсуждение. Для каждой из шести проанализированных площадок построены древесно-кольцевые хронологии KAR, NEP, KSKL, KENT1, KENT2, KENT3, которые в дальнейшем объединены в сводные для ключевых участков хронологии KARKARALINSK и KENT для Каркаралинского участка и участка Кент соответственно. Так как при анализе этих хронологий выяснена высокая степень их схожести, путем сопоставления названных выше хронологий получена одна – общая для изучаемой территории хронология MAIN (рис. 2). Ее продолжительность составила 376 лет, таким образом, она охватила временной интервал с 1639 по 2015 гг. (так как вегетационный период на момент отбора образцов еще не был завершён).

Ввиду недостаточно большого количества образцов, хронология которых покрывает временной интервал более двухсот лет, временной интервал с 1639 по 1802 гг. нельзя рассматривать как достоверный, так как погрешность хронологии на этом участке возрастает более чем на 15% по сравнению с генеральной совокупностью. По этой причине достоверно реконструировать палеоклиматические события можно только для периода с 1803 г.,

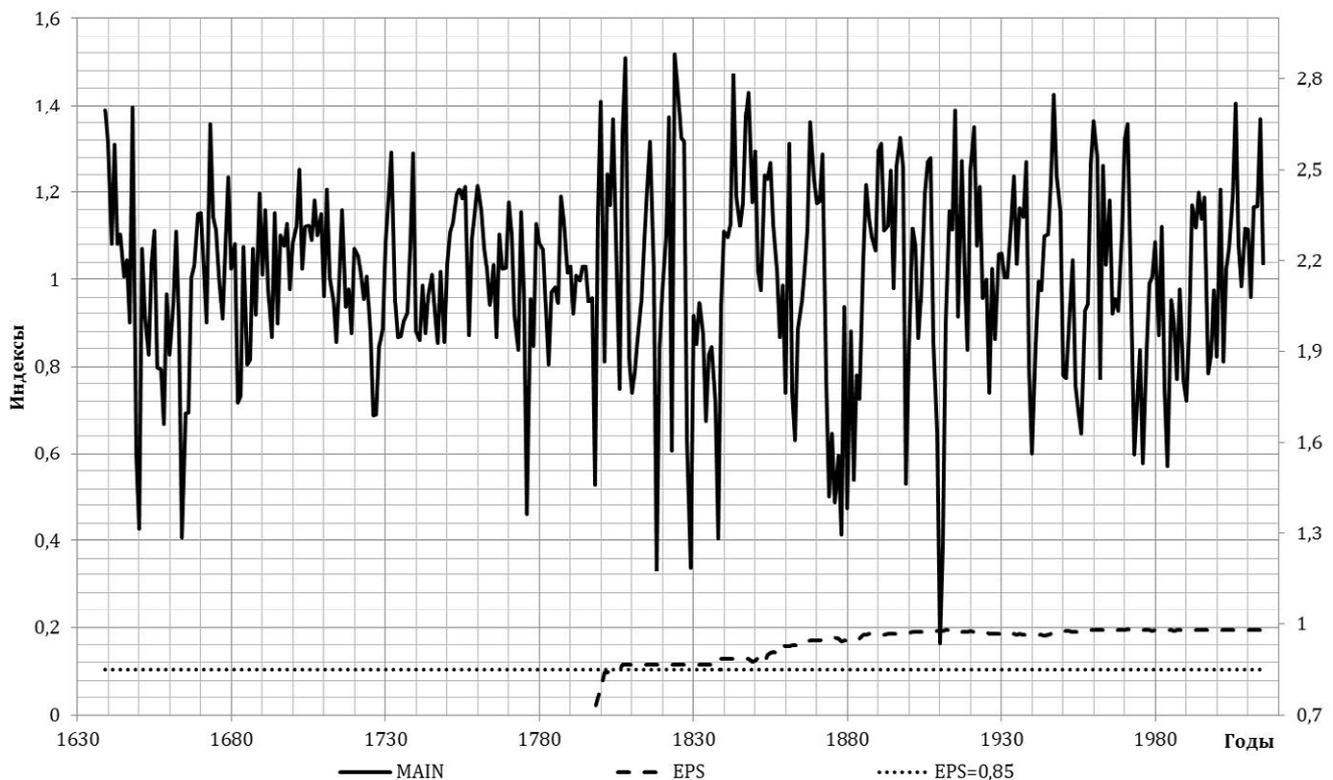


Рис. 2. Сводная хронология MAIN для ключевых участков

Fig. 2. Overall chronology MAIN for the key areas

более ранний же период можно проанализировать на предмет выявления общих тенденций изменения климата в пределах изучаемой территории. Кроме того, при возможном дальнейшем обнаружении археологических данных станет возможным продлить полученную в данной работе древесно-кольцевую хронологию.

В то время как доступные метеорологические данные [Koninklijk ..., <https://www.knmi.nl>; NOAA. National ..., www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring] охватывают период лишь с 1902 г., благодаря полученной хронологии можно выявить общие тенденции изменения климата более чем на сотню лет ранее. Однако для этого необходимо удостовериться, какой климатический фактор в первую очередь влияет на прирост древесины в исследуемом регионе.

Для определения статистических связей между различными климатическими параметрами и шириной годичного кольца, то есть для оценки влияния климата на формирование ширины годичных колец, согласно общепринятой дендрохронологической методике [Hughes, Swetnam, 2011], заключающейся в расчете коэффициентов корреляции дендрохронологических данных с основными ежемесячными или ежегодными метеорологическими параметрами за год прироста и за предшествующий год, а также с учетом особенностей вегетационного периода в регионе, проведен корреляционный анализ между индексами хронологий и значениями среднемесячных температур и осадков за период с апреля предыдущего года по октябрь текущего.

Для вычисления пространственных корреляций с сеточными климатическими параметрами древесно-кольцевые показатели, заданные в точке отбора образцов с соответствующими координатами (по г. Каркаралинск), были преобразованы в поля данных, заданных в узлах сетки с шагом 0,5° по широте и долготе. Это осуществлялось в программе DendroClim2002. Искомая хронология сопоставлялась с температурными параметрами и с данными по выпадению осадков.

Корреляционный анализ между индексами хронологий и значениями среднемесячных температур и осадков за период с апреля предыдущего года по октябрь текущего проводился для периода с 1902 по 2015 гг. Он отчетливо показал (рис. 3), что прирост сосны в исследуемом районе положительно коррелирует с количеством выпавших осадков в июле–августе ($R=0,23-0,32$; $p<0,05$). Таким образом, отражается реакция на осадки и влажность почв в указанные месяцы. Кроме того, обнаруживается отрицательный климатический отклик с температурой тех же месяцев ($R = -0,315-0,209$; $p<0,05$), что свидетельствует о том, что лимитирующим фактором на данной территории действи-

тельно является количество осадков. Такая чувствительность прироста сосны к тепло- и влагообеспеченности летнего периода косвенно указывает на засухоустойчивый сигнал, то есть снижения количества выпадающих осадков и рост температур приводят к формированию экстремально узких колец. Кроме того, на прирост сосны текущего года оказывают влияние климатические условия прошлого года.

Для более детального анализа климатического отклика изучалась «плавающая» корреляция хронологии с метеорологическими параметрами, которая позволяет оценить стабильность связи во времени. Климатическая функция отклика для всех параметров не стабильна во времени. Так, положительная связь хронологии с осадками августа текущего года обнаружена в 1990–2000 гг., а отрицательная – с температурой августа и июля в 2000–2015 гг. По полученному графику нельзя утверждать, что на протяжении рассматриваемого периода лимитирующий фактор менялся. Важно обратить внимание на тот факт, что график «плавающей» корреляции построен только для последних десятилетий, так как неупорядоченное чередование повышения и снижения влияния на прирост древесины температур на фоне общего ограничивающего воздействия количества выпадающих осадков характерно именно для недавнего прошлого.

Благодаря выявлению лимитирующего фактора, которым является количество осадков, а также построению древесно-кольцевой хронологии для периода с 1639 г. по настоящее время стало возможным проанализировать изменения климата, проис-

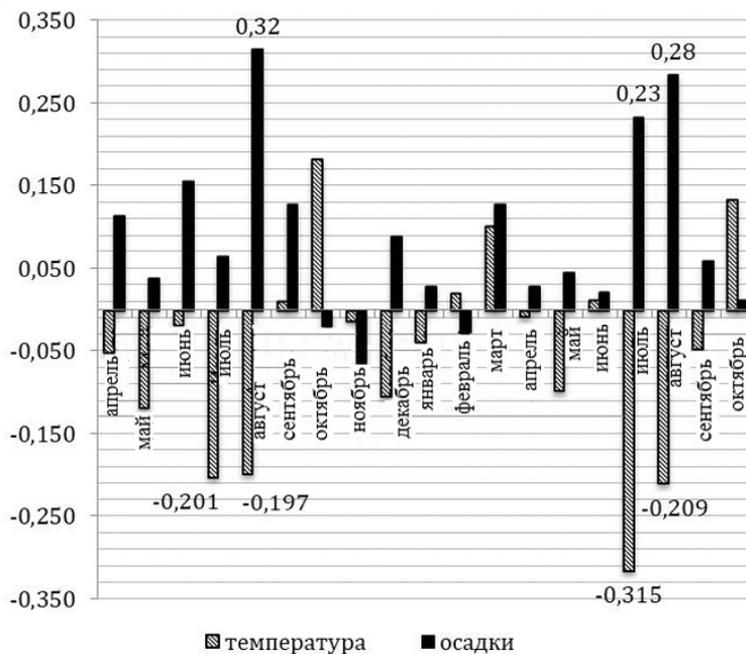


Рис. 3. График зависимости между индексами хронологий и значениями среднемесячных температур и осадков за период с апреля предыдущего года по октябрь текущего проводился для периода с 1902 по 2015 гг.

Fig. 3. The relationship between the chronological indices and the values of mean monthly temperatures and precipitation for the period from April of the previous year to the current October (from 1902 to 2015)

ходившие в исследуемом районе. Важно отметить, что проведенные исследования позволяют изучить продолжительный период, не охваченный инструментальными метеорологическими наблюдениями (то есть период до 1902 г.). Однако, несмотря на получение хронологии продолжительностью чуть более 370 лет, достоверно судить об экстремальных палеоклиматических событиях можно лишь для периода 1803–2015 гг.

По дендрохронологическим данным можно уверенно выделять такие экстремальные климатические события как засухи, так как благодаря выявлению лимитирующего фактора можно достоверно утверждать о его решающем воздействии на прирост древесины. Депрессии прироста (отрицательные пики кривой на рис. 4), вероятнее всего, следует связать с сильными засухами, сопровождавшимися повышением температур в летний период. Так, 1997, 1984, 1954, 1910, 1899, 1836 и 1798 годы можно охарактеризовать как наиболее засушливые. При этом самым засушливым за весь период, охваченный древесно-кольцевой хронологией, был 1910 год. Кроме того, отмечаются даже засушливые периоды – с 1973 по 1976, с 1875 по 1879 и с 1806 по 1808 гг. Противоположная ситуация была характерна для множества других периодов (на рис. 4 в качестве примера выделены 1824, 1947 и 2006 гг.), когда условия произрастания деревьев, вероятнее всего, были наиболее комфортными. Однако судить о реальной климатической обстановке в эти периоды затруднительно, так как достоверно установить истинные причины высокого прироста ввиду сложности взаимодействия природных факторов и одновременности воздействия климатических факторов не представляется возможным.

После проведенных исследований была предпринята попытка сопоставления полученных данных с доступными данными по соседним регионам. Среди

известных и доступных древесно-кольцевых хронологий ближайшей к изучаемому региону является единственная хронология, построенная О.Н. Соломиной для территории, расположенной к северо-западу от г. Алматы. Эта хронология размещена в международной базе NOAA [NOAA. National ..., www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring] и представляет собой массив данных по ширине колец, который можно использовать для перекрестного датирования. На начальных этапах сравнения полученной в данной работе хронологии и алматинской хронологии выяснено отсутствие корреляции между ними.

Наиболее продолжительной дендрошкалой из ближайших к изученной территории районов является эталонная дендрошкала, созданная в 2000 г. П.А. Окишевым и Ю.К. Нарожным по спилам лиственницы сибирской на Алтае. Изученные деревья произрастают в поясе горной тайги у ее верхнего предела в системе хребтов Бие-Катунского водораздела, северного склона массива Биш-Иирду, верховьев долин рек Актру и Корумду [Евсеева, Жилина, 2010]. Интересно, что, по словам авторов, их данные согласуются с исследованиями на Кавказе и Полярном Урале. Несмотря на то что данная информация доступна только в графическом виде, а также на разницу в степени осредненности хронологий, обусловленную, главным образом, разницей в их «масштабах» (хронология для Алтая включает гораздо более обширные данные, над которыми ученые работали несколько лет), можно провести визуальное сравнение алтайской и полученной нами в данном исследовании хронологий (рис. 5).

С начала XIX в. между рассматриваемыми хронологиями начинают проследиваться некоторые сходства, выраженные единовременными близкими по значению индексов прироста пиками кривых. Эти сходства нарушаются периодами, когда в Казахстане



Рис. 4. Древесно-кольцевая хронология MAIN с указанием экстремальных климатических событий (засух)

Fig. 4. Tree-ring chronology MAIN with indication of extreme climatic events (droughts)

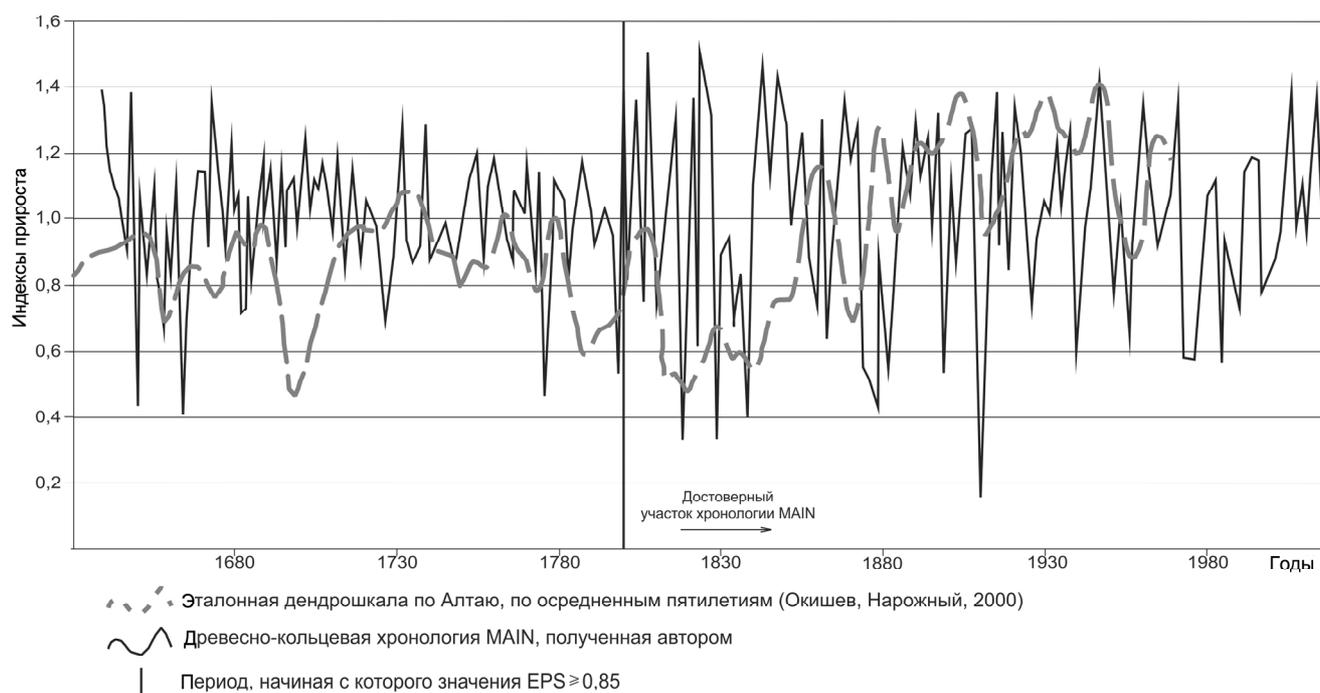


Рис. 5. Сравнение древесно-кольцевой хронологии MAIN с эталонной дендрошкалой по спилам лиственницы сибирской на Алтае, созданной П.А. Окишевым, Ю.К. Нарожным [2000]

Fig. 5. Comparison of the tree-ring chronology MAIN with the reference dendrochronology based on Siberian larch tree cuts from the Altai Mountains (created by P.A. Okishev, Yu.K. Narozhnyj [2000])

наблюдался высокий прирост, а на Алтае низкий, и наоборот. Подобные расхождения между синтезированными кривыми сухости по высокогорным регионам (таким как Алтай) и низкогорным (таким как Казахский мелкосопочник) фиксировались ранее по спорово-пыльцевым данным. Полученные различия объяснялись задержкой реакции на изменение инсоляции в результате таяния мерзлоты на больших высотах, а также периодическими повышениями влажности в низкогорных регионах [Zhang, Feng, 2018].

Начиная со второй половины XIX в., эти расхождения встречаются все реже, после чего вовсе исчезают. Согласно мнению П.А. Окишева [1982], именно с этого времени начался энергичный процесс отступления ледников Алтая, лесная растительность стала продвигаться вверх по склонам, наступило потепление и увеличилась влажность. Все это позволяет предположить, что черты сходства рассматриваемых хронологий обусловлены завершением климатического воздействия такого трансконтинентального события, как Малый ледниковый период.

П.А. Окишев [Нарожный, Окишев 1998; Окишев, 1982, 1985] считает, что Малый ледниковый период на Алтае охватывал XVII–XIX вв., когда из-за падения температуры летней воздуха на 0,8°–0,9°С произошло продвижение ледников. В целом, этот период характеризуется большинством исследователей как холодный и влажный [Lan et al., 2017; Putnam et al., 2016; Rao et al., 2019 и др.]. Однако при более детальном рассмотрении выясняется, что в ходе Малого ледникового периода во всей Средней Азии реконструировалось особенно малое коли-

чество осадков в зимние месяцы [Fohlmeister et al., 2017]. Оно определялось влиянием отрицательного индекса NAO (North Atlantic Oscillation), изменяющим направление зимних ветров в этом регионе [Fohlmeister et al., 2017; Yang et al., 2019; Zhang, Feng, 2018]. Таким образом, в контексте детальных реконструкций, которые позволяют осуществлять дендрохронологический метод, недостаточно охарактеризовать Малый ледниковый период как «влажный», так как в течение этого времени происходили изменения влажности, контролируемые вариациями индекса NAO. Это еще раз подтверждает, что построенная нами кривая может интерпретироваться как кривая сухости климата.

Отметим, что высказанное предположение о достижении сходства между полученной в данной работе кривой и эталонной дендрошкалой по Алтаю со второй половины XIX в. в результате завершения климатического воздействия Малого ледникового периода в настоящий момент носит лишь гипотетический характер и требует более подробного и глубокого изучения. Полученные в данной работе материалы позволят при дальнейшем сопоставлении их с результатами других палеоклиматических реконструкций провести более углубленное изучение Малого ледникового периода в рассматриваемом регионе.

Выводы.

Выполненное исследование доказывает целесообразность дендрохронологических работ для реконструкции изменений природной среды аридных районов в прошлом.

На основе результатов дендроклиматического анализа 140 образцов сосны обыкновенной, отобранных на шести опытных площадках ключевых участков Каркаралинского горного массива и массива Кент, сделаны следующие выводы:

– образцы древесины сосны обыкновенной кулундинской (*P. sylvestris* ssp. *kulundensis*) обладают хорошей чувствительностью и пригодны для проведения дендрохронологических работ, построения древесно-кольцевых хронологий и сопоставления с климатическими параметрами;

– построена древесно-кольцевая хронология по ширине годичных колец, охватывающая период с 1639 по 2015 гг. общей продолжительностью 376 лет. При этом определен абсолютный возраст каждого образца;

– выявлена связь особенностей роста деревьев в регионе исследований с климатическими фак-

торами: установлено, что на прирост древесины наиболее заметное воздействие оказывает количество осадков, выпадающее в теплый период года (количество осадков – лимитирующий фактор прироста), климатический отклик на температуры тех же месяцев отрицательный;

– для надежной части полученной древесно-кольцевой хронологии (с 1803 г.) выявлены наиболее засушливые годы: 1997, 1984, 1954, 1910, 1899, 1836, 1798; и периоды: с 1973 по 1976, с 1875 по 1879, а также с 1806 по 1808 гг.;

– сопоставление полученной древесно-кольцевой хронологии по ширине годичных колец с эталонной дендрохронологической шкалой по Алтаю [Окишев, Нарожный, 2000] обнаруживает наличие общих климатических трендов в регионах, начиная со второй половины XIX в.

Благодарности. Полевые исследования и отбор образцов проведены при финансовой поддержке РФН (проект № 17-77-10134). Дендроклиматический анализ выполнен при поддержке РФФИ (проект № 18-00-00470). Авторы выражают признательность коллективу отдела гляциологии Института географии РАН за возможность выполнения аналитической работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас СССР. М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1983. 260 с.
- Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. М.: Высшая школа, 1968. 368 с.
- Григорьев А.И., Карнаухова Т.В. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в условиях Казахского мелкосопочника // Омский научный вестник. 2013. № 1. С. 233–235.
- Григорьев А.И., Карнаухова Т.В. Влияние засух на годичный прирост сосны обыкновенной в условиях Казахского мелкосопочника // Омский научный вестник. 2014. № 1. С. 139–141.
- Евсеева Н.С., Жилина Т.Н. Палеогеография конца позднего плейстоцена и голоцена (корреляция событий). Томск: Изд-во науч.-технич. лит., 2010. 177 с.
- Климанов В.А., Тарасов П.Е., Тарасова И.В. Колебания климата степной зоны Казахстана в голоцене (по данным спорово-пыльцевого анализа) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 1994. № 1. С. 25–34.
- Кременецкий К.В., Тарасов П.Е., Черкинский А.Е. История островных боров Казахстана в голоцене // Ботанический журнал. 1994. Т. 79. № 3. С. 13–29.
- Мацковский В.В. Климатический сигнал в ширине годичных колец хвойных деревьев на севере и в центре Европейской территории России. М.: ГЕОС, 2013. 148 с.
- Мещеряков Ю.А. Рельеф СССР (морфоструктура и морфоскульптура) М.: Мысль, 1972. 520 с.
- Нарожный Ю.К., Окишев П.А. Динамика ледников Алтая в регрессивную фазу Малого ледникового периода // Материалы гляциологических исследований. 1998. № 87. С. 119–123.
- Нигматова С.А. Палинологическая характеристика культурных слоев эпохи бронзового и раннего железного века Семиречья (Юго-Восточный Казахстан) // Методические аспекты палинологии. Материалы X Всероссийской палинологической конференции. М.: Изд-во ИГиРГИ, 2002. С. 21–23.
- Нигматова С.А. Стратиграфия, палеогеография и климаты четвертичного периода аридных регионов Центральной Азии (по палинологическим данным). Автореферат диссертации на соискание доктора г.-м. наук. Алматы, 2010. 48 с.
- Окишев П.А. Динамика оледенения Алтая в позднем плейстоцене и голоцене. Томск, 1982. 210 с.
- Окишев П.А. «Малый ледниковый период» на Алтае // Материалы гляциологических исследований. 1985. № 52. С. 110–173.
- Окишев П.А., Нарожный Ю.К. Динамика ледников и климата в горах Южной Сибири. Региональный мониторинг атмосферы. Природно-климатические изменения. Ч. 4. Томск, 2000. С. 164–199.
- Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 296 с.
- Тарасов П.Е. Палеогеография степной зоны Северного и Центрального Казахстана в голоцене: Автореф. дисс. канд. геогр. наук. М., 1992. 16 с.
- Шукин И.С. Геоморфология Средней Азии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 432 с.
- Baigunakov D., Sabdenova G. Some Results of Studying the Ancient History of Kazakhstan // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. V. 131. P. 304–308.
- Buras A. A comment on the Expressed Population Signal // Dendrochronologia. 2017. V. 44. P. 130–132.
- Buras A., Zang C., Menzel A. Testing the stability of transfer functions // Dendrochronologia. 2017. V. 42. P. 56–62.
- Fohlmeister J., Plessen B., Dudashvili A.S. et al. Winter precipitation changes during the Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age in arid Central Asia // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 178. P. 24–36.
- Haruda A. Regional pastoral practice in central and southeastern Kazakhstan in the Final Bronze Age (1300–900BCE) // Archaeological Research in Asia. 2018. V. 15. P. 146–156.
- Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. Dendroclimatology. Progress and prospects. V. 11. Springer, 2011. 365 p.
- Lan J., Xu H., Sheng E. et al. Climate changes reconstructed from a glacial lake in High Central Asia over the past two millennia // Quaternary International. 2018. V. 487. P. 43–53.
- Macklin M.G., Panyushkina I.P., Toonen W.H.J. et al. The influence of Late Pleistocene geomorphological inheritance and Holocene hydromorphic regimes on floodwater farming in the Talgar

catchment, southeast Kazakhstan, Central Asia // *Quaternary Science Reviews*. 2015. V. 129. P. 85–95.

Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences (Eds. Cook E.R. Kairiukstis L.A.). Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1990. 394 p.

Panyushkina I.P. Impacts of cooling climate on prehistoric herding and farming strategies during the Bronze-Iron Age transition on the margins of the Eurasian steppe // *Quaternary International*. 2012. V. 279–280. P. 367.

Panyushkina I.P., Chang C., Clemens A.W., Bykov N. First tree-ring chronology from Andronovo archaeological timbers of Bronze Age in Central Asia // *Dendrochronologia*. 2010. V. 28. № 1. P. 13–21.

Putnam A.E., Putnam D.E., Andreu-Hayles L. et al. Little Ice Age wetting of interior Asian deserts and the rise of the Mongol Empire // *Quaternary Science Reviews*. 2016. V. 131. P. 33–50.

Rao Z., Huang C., Xie L. et al. Long-term summer warming trend during the Holocene in central Asia indicated by alpine peat $\delta^{13}\text{C}$ record // *Quaternary Science Reviews*. 2019. V. 203. P. 56–67.

Tarasov P., Jolly D., Kaplan J. A continuous Late Glacial and Holocene record of vegetation changes in Kazakhstan //

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1997. V. 136. P. 281–292.

Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated times series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1984. V. 23. P. 201–213.

Yang Y., Zhang D., Lan B. et al. Peat $\delta^{13}\text{C}_{\text{cellulose}}$ signified moisture variations over the past ~ 2200 years in the southern Altai Mountains, northwestern China // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2019. V. 174. P. 59–67.

Zhang D., Feng Z. Holocene climate variations in the Altai Mountains and the surrounding areas: A synthesis of pollen records // *Earth-Science Reviews*. 2018. V. 185. P. 847–869.

Электронные ресурсы:

Koninklijk Nederlandse Meteorologisch Instituut [Электронный ресурс]: URL: <https://www.knmi.nl> (дата обращения 01.03.2017).

NOAA. National Centers for Environmental Information [Электронный ресурс]: URL: www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring (дата обращения)

Поступила в редакцию 10.04.2018

После доработки 05.05.2019

Принята к публикации 24.05.2019

A.A. Berdnikova¹, E.A. Dolgova², R.N. Kurbanov³

DENDROCLIMATOLOGY OF *PINUS SYLVESTRIS* SSP. *KULUNDENSIS* FROM THE KAZAKH UPLANDS

The territory of Central Kazakhstan region is a white spot on the map of dendrochronological studies. For the first time about 140 samples of the Kulunda pine (*Pinus sylvestris* ssp. *kulundensis*) were analyzed on six test plots for two key areas – Karkaraly and Kent massifs. The tree is highly sensitive, which is essential for building tree-ring chronologies and comparison with climatic parameters. The resulting tree-ring width chronology covers the last 376 years (from 1639 to 2015). The absolute age of each sample is determined. The correlation of tree growth features and climatic factors has been revealed: the growth of wood is most influenced by the amount of precipitation during the warm phase of the year; the climate response to temperatures during the same months is negative. For the reliable part of the tree-ring chronology (since 1803), the most arid years, i.e. 1997, 1984, 1954, 1910, 1899, 1836, 1798, and periods, i.e. from 1973 to 1976, from 1875 to 1879 and from 1806 to 1808, are identified. The comparison of Central Kazakhstan tree-ring width chronology with a reference Altai dendrochronological scale reveals common climatic trends since the second half of the 19th century. The study proves the reasonability of using the dendrochronological method for the in-depth investigation of climate fluctuations in the arid regions.

Key words: Central Kazakhstan region, dendrochronology, dendroclimatology, Holocene

Acknowledgements. Field studies and sampling were financially supported by the Russian Science Foundation (project № 17-77-10134). Dendroclimatic analysis was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-00-00470). The authors are grateful to the staff of the Department of Glaciology, Institute of Geography RAS, for providing an opportunity for analytical investigations.

REFERENCES

Atlas SSSR [Atlas of the USSR]. M.: Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, 1983. 260 p. (In Russian)

Baigunakov D., Sabdenova G. Some results of studying the ancient history of Kazakhstan // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. V. 131. P. 304–308.

Buras A. A comment on the expressed population signal // *Dendrochronologia*. 2017. № 4. P. 130–132.

Buras A., Zang C., Menzel A. Testing the stability of transfer functions // *Dendrochronologia*. 2017. № 42. P. 56–62.

Evsheeva N.S., Zhilina T.N. Paleogeografija konca pozdnego plejstocena i golocena (korreljacija soobytij) [Paleogeography of the

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, master's student; e-mail: alinaberdnikowa@yandex.ru

² Institute of Geography RAS, Department of Glaciology, Senior Research Scientist, PhD. in Geography; e-mail: dolgova@igras.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Laboratory of the Pleistocene Paleogeography, Senior Research Scientist, PhD. in Geography; e-mail: roger.kurbanov@gmail.com

Late Pleistocene and the Holocene (event correlation)]. Tomsk: Izd-vo nauch.-tehnich. lit., 2010. 177. (In Russian)

Fohlmeister J., Plessen B., Dudashvili A.S. et al. Winter precipitation changes during the Medieval Climate Anomaly and the Little Ice Age in arid Central Asia // *Quaternary Science Reviews*. 2017. V. 78. P. 24–36.

Grigoriev A.I., Karnauhova T.V. Dinamika radialnogo prirosta sosny obyknovnoy v usloviyah Kazahskogo melkosopohnika [The dynamics of the radial growth of Scots pine under the conditions of the Kazakh Upland] // *Omskij Nauchnyj Vestnik*. 2013. № . P. 233–235. (In Russian)

Grigoriev A.I., Karnauhova T.V. Vliyanie zasuh na godichnyj prirast sosny obyknovnoy v usloviyah Kazahskogo melkosopohnika [The effect of droughts on the annual increment of Scots pine under the conditions of the Kazakh Upland] // *Omskij Nauchnyj Vestnik*. 2014. № 1. P. 139–141. (In Russian)

Haruda A. Regional pastoral practice in central and southeastern Kazakhstan in the Final Bronze Age (1300–900BCE) // *Archaeological Research in Asia*. 2018. V. 15. P. 146–156.

Hughes M.K., Swetnam T.W., Diaz H.F. Dendroclimatology. Progress and prospects. V. 11. Springer, 2011. 365 p.

Klimanov V.A., Tarasov P.E., Tarasova I.V. Kolebanija klimata stepnoj zony Kazahstana v golocene (po dannym sporovopyl'cevogo analiza) [Climate fluctuations within the steppe zone of Kazakhstan in the Holocene (according to the data of spore-pollen analysis)] // *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija*. 1994. № 1. P. 25–34. (In Russian)

Kremeneckij K.V., Tarasov P.E., Cherkinskij A.E. Istorija ostrovnyh borov Kazahstana v golocene [The history of «island» forests of Kazakhstan in the Holocene] // *Botanicheskij Zhurnal*. 1994. T. 79. № 3. P. 13–29. (In Russian)

Lan J., Xu H., Sheng E. et al. Climate changes reconstructed from a glacial lake in High Central Asia over the past two millennia // *Quaternary International*. 2018. V. 487. P. 43–53.

Macklin M.G., Panyushkina I.P., Toonen W.H.J. et al. The influence of Late Pleistocene geomorphological inheritance and Holocene hydromorphic regimes on floodwater farming in the Talgar catchment, southeast Kazakhstan, Central Asia // *Quaternary Science Reviews*. 2015. V. 129. P. 85–95.

Mackovskij V.V. Klimaticheskij signal v shirine godichnyh kolec hvoynnyh derev'ev na severe i v centre Evropejskoj territorii Rossii [Climate signal in the width of annual rings of coniferous trees in the north and center of the European territory of Russia]. M.: GEOS, 2013. 148 p. (In Russian)

Meshherjakov Ju.A. Relief SSSR (morfostruktura i morfoskopulturna) [Relief of the USSR (morphostructure and morphosculpture)]. M.: Mysl, 1972. 520 p. (In Russian)

Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences (Eds. Cook E.R. Kairiukstis L.A.). Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1990. 394 p.

Narozhnyj Ju.K., Okishev P.A. Dinamika lednikov Altaja v regressivnuju fazu Malogo lednikovogo perioda [Dynamics of Altai glaciers in the regressive phase of the Little Ice Age] // *Materialy Gljaciologicheskikh Issledovanij*. 1998. № 87. P. 119–123. (In Russian)

Nigmatova S.A. Palinologicheskaja harakteristika kul'turnykh sloev jepohi bronzovogo i rannego zheleznoogo veka Semirech'ja (Jugo-Vostochnyj Kazahstan) [Palynological characteristics of cultural layers of the Bronze and Early Iron Age of Semirechye (South-Eastern Kazakhstan)] // *Metodicheskie Aspekty Palinologii*. Materialy X Vserossijskoj Palinologicheskoy Konferencii. M.: Izd-vo IGI RGI, 2002. P. 21–23. (In Russian)

Nigmatova S.A. Stratigrafija, paleogeografija i klimaty chetvertichnogo perioda aridnyh regionov Central'noj Azii (po

palinologicheskim dannym) [Stratigraphy, paleogeography and climates of the Quaternary period within arid regions of Central Asia (according to palynological data)]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie doktora g.-m. nauk. Almaty, 2010. 48 p. (In Russian)

Okishev P.A. Dinamika oledeneniya Altaja v pozdnem plejstocene i golocene [Dynamics of Altai glaciation in the Late Pleistocene and the Holocene]. Tomsk, 1982. 210 p. (In Russian)

Okishev P.A. «Malij lednikovyj period» na Altae [«Little Ice Age» in Altai Mountains] // *Materialy Gljaciologicheskikh Issledovanij*. 1985. № 52. P. 110–173. (In Russian)

Okishev P.A., Narozhnyj Ju.K. Dinamika lednikov i klimata v gorah Juzhnoj Sibiri [Dynamics of glaciers and climate in the mountains of southern Siberia] // *Regional'nyj monitoring atmosfery. Prirodno-klimaticheskie izmeneniya*. Ch. 4. Tomsk. 2000. P. 164–199. (In Russian)

Panyushkina I.P. Impacts of cooling climate on prehistoric herding and farming strategies during the Bronze-Iron Age transition on the margins of the Eurasian steppe // *Quaternary International*. 2012. V. 279–280. P. 367.

Panyushkina I.P., Chang C., Clemens A.W., Bykov N. First tree-ring chronology from Andronovo archaeological timbers of Bronze Age in Central Asia // *Dendrochronologia*. 2010. V. 28. № 1. P. 13–21.

Putnam A.E., Putnam D.E., Andreu-Hayles L. et al. Little Ice Age wetting of interior Asian deserts and the rise of the Mongol Empire // *Quaternary Science Reviews*. 2016. V. 131. P. 33–50.

Rao Z., Huang C., Xie L. et al. Long-term summer warming trend during the Holocene in central Asia indicated by alpine peat $\delta^{13}C$ cellulose record // *Quaternary Science Reviews*. 2019. V. 203. P. 56–67.

Shhukin I.S. Geomorfologija Srednej Azii [Geomorphology of Central Asia]. M.: Izd-vo Moskovskogo Universiteta, 1983. 432 p. (In Russian)

Svarichevskaja Z.A. Geomorfologija Kazahstana i Srednej Azii [Geomorphology of Kazakhstan and Central Asia]. L.: Izd-vo LGU, 1965. 296 p. (In Russian)

Tarasov P.E. Paleogeografija stepnoj zony Severnogo i Central'nogo Kazahstana v golocene [Paleogeography of the steppe zone of northern and central Kazakhstan in the Holocene]. Avtoref. diss. kand. geogr. nauk. M., 1992. 16 p. (In Russian)

Tarasov P., Jolly D., Kaplan J. A continuous Late Glacial and Holocene record of vegetation changes in Kazakhstan // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1997. V. 136. P. 281–292.

Voskresenskij S.S. Geomorfologija SSSR [Geomorphology of the USSR]. M.: Vysshaja Shkola, 1968. 368 p. (In Russian)

Wigley T.M.L., Briffa K.R., Jones P.D. On the average value of correlated times series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 1984. V. 23. P. 201–213.

Yang Y., Zhang D., Lan B. et al. Peat $\delta^{13}C_{cellulose}$ -signified moisture variations over the past <2200 years in the southern Altai Mountains, northwestern China // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2019. V. 174. P. 59–67.

Zhang D., Feng Z. Holocene climate variations in the Altai Mountains and the surrounding areas: A synthesis of pollen records // *Earth-Science Reviews*. 2018. V. 185. P. 847–869.

Web sources:

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut [Elektronnyj resurs]: URL: <https://www.knmi.nl> (access date 01.03.2017).

NOAA. National Centers for Environmental Information [Elektronnyj resurs]: URL: www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data/datasets/tree-ring (access date 05.03.2017).

Received 10.04.2018

Revised 05.05.2019

Accepted 24.05.2019

УДК 911.3

Н.Ю. Замятина¹, Д.С. Елманова², А.В. Потураева³, В.В. Акимова⁴, И.Н. Алов⁵, И.В. Киселёв⁶, К.Д. Ловягин⁷,
В.А. Мацур⁸, А.В. Нененко⁹, А.Н. Петрова¹⁰, И.В. Плеханов¹¹, В.Н. Ряпухина¹², А.С. Хусайнова¹³

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ: ФАКТОРЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ МИГРАНТОВ ИЗ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

В статье анализируются факторы локализации мигрантов, выезжающих из районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей России, в Белгородской области. По числу принимаемых мигрантов Белгородская область выделяется на фоне других регионов Центральной России, что сложно объяснить только экономическими факторами. Полевые материалы, на которых построена статья (экспертные опросы и анкетирование студентов Белгородских вузов – уроженцев других регионов) показывают, что миграционный феномен Белгорода стал результатом целой совокупности факторов, включая близость Украины для мигрантов-северян, имеющих в этой стране родственников, высокий уровень благоустройства самого города, программы льготного приобретения жилья и др. Исследование построено на сочетании различных методов (статистический анализ, анкетирование, качественные методы исследования).

Ключевые слова: миграционная привлекательность, районы Крайнего Севера, «западный дрейф», миграция, отток населения

Введение и постановка проблемы. Исследования, проводившиеся в северных и арктических регионах России, показали, что Белгородская область – один из наиболее привлекательных регионов страны для переселения с Севера, опережающий в этом отношении большинство регионов центральной части и Юга России [например, Замятина, 2014; Мкртчян, 2004; и др.]. В Норильске, например, Белгородская область и вовсе входит в пятерку наиболее привлекательных направлений миграции по программе переселения¹⁴.

В целом, переселение из северных и восточных районов страны в Белгородскую область вписыва-

ется в широко известный тренд, получивший название «западный дрейф». Однако возникает вопрос, почему Белгородская область оказывается более привлекательной по сравнению с другими регионами Центральной России (кроме Московской области). Для более детального прояснения особенностей миграционной ситуации в Белгородской области было предпринято исследование, которое легло в основу настоящей статьи.

Целью работы стало выявление особенностей формирования входящей миграции из районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей (далее для краткости введем оборот «миграция с Се-

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

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail*: elmanova@gmail.com

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, аспирант; *e-mail*: av-poturaeva@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail*: atlantisinspace@mail.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, студент; *e-mail*: alov.ivan@mail.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, аспирант.

⁷ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, аспирант; *e-mail*: kostas217@mail.ru

⁸ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, студент; *e-mail*: m1434@yandex.ru

⁹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, студент;

¹⁰ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, студент; *e-mail*: ann.ka1995@yandex.ru

¹¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, аспирант; *e-mail*: faber_fortunae@mail.ru

¹² Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, Сербский ресурсный центр, директор, канд. экон. н.; *e-mail*: viktorer_r@mail.ru

¹³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии зарубежных стран, аспирант; *e-mail*: khusainova.lina@yandex.ru

¹⁴ «Наиболее востребованными регионами России, избранными норильчанами для переселения, являются Красноярский край (19%), Санкт-Петербург и Ленинградская область (12%), Москва и Московская область (11%), Белгород и Белгородская область (6%), Краснодарский край (5%)» [Официальный сайт города Норильска, <http://www.norilsk-city.ru/>, дата обращения 18.03.2019].

вера»)¹⁵ в Белгородскую область в последние два десятилетия. Для достижения данной цели были решены следующие задачи: 1) проведение статистического анализа миграции с Севера в Белгородскую область по доступным данным, включая данные региональной статистической службы; 2) анализ возможных причин выбора Белгородской области на основе экспертных интервью; 3) анализ мотивов предпочтения Белгородской области другим регионам по результатам опроса студентов – мигрантов с Севера; 4) обобщение полученных данных.

Предметом исследования является входящая миграция в Белгородскую область с Севера, объектом – ее специфика на фоне регионов-аналогов.

Актуальность работы объясняется масштабом миграционных потоков между северными регионами страны и основной зоной расселения. Так, по данным Росстата, в 2016 г. число выбывших¹⁶ с Севера составило 481,4 тыс. чел. [Экономические и социальные показатели ..., 2018]. Столь значительные миграционные потоки оказывают воздействие как на отдающие регионы (которые лишаются нередко наиболее активной части населения), так и на принимающие, испытывающие наплыв мигрантов. В частности, логично ожидать, что мигранты-северяне оказывают влияние на демографическую и даже экономическую ситуацию в принимающих регионах – например, они выступают покупателями существенной части недвижимости. Борьба за мигрантов-северян может быть важнейшим направлением борьбы за человеческий капитал, о котором часто пишут в свете оценки потенциала регионального развития.

Новизна работы связана со смещением исследовательского фокуса в изучении миграций между северными и южными регионами страны. Про «обезлюдение» Севера написано уже довольно много. Однако обратная сторона падения численности населения в восточных и северных районах страны – приток мигрантов с Севера в наиболее привлекательные районы основной полосы расселения – очень мало изучена.

Обзор ранее выполненных исследований по теме. Настоящая статья опирается на две основные группы исследований: исследования межрегиональных миграций в современной России (в частности, миграций между северными и южными районами страны) и исследования миграционной ситуации непосредственно в Белгородской области. Кроме того, используются некоторые выводы из работ по теории и моделированию миграций в целом – хотя углубление в теорию миграций не входит в задачи настоящей статьи.

Значимость потока мигрантов с Севера в Белгородскую область отмечается местными исследователями. Так, Н.В. Чугунова пишет, что «заметный приток мигрантов в область из северных районов страны начал отчетливо прослеживаться уже с 1993 г. По данным областного комитета статистики, за 2000–2003 гг. в миграционном приросте области мигранты из Сибирского, Дальневосточного и Северо-Западного округов составили 60%» [Чугунова, 2011]. Она же отмечает, что среди регионов со значением коэффициента интенсивности миграционного обмена (КИМС) выше среднего для Белгородской области, помимо соседних регионов, выделяются «регионы Российского Севера, откуда происходит мощный миграционный отток населения по социально-экономическим причинам – Магаданская область, Чукотский автономный округ, Республика Коми, Мурманская область» [Чугунова, 2011].

Однако, взгляд «изнутри» не дает возможности оценить специфику области на фоне других регионов страны, принимающих мигрантов, поэтому наиболее важный в контексте настоящей статьи блок работ – это работы по межрегиональным миграциям, затрагивающие потоки между районами Севера и основной полосой расселения. В советский период эти потоки имели следующую особенность: направление миграций на Север полностью или частично компенсировалось встречными потоками миграции. В результате рост численности населения районов Севера происходил, в самом общем случае, за счет того, что встречные потоки «с юга на север» превосходили постоянный отток с Севера по численности. В то время отток с Севера рассматривался, главным образом, в контексте решения поднимавшейся тогда проблемы «закрепления» мигрантов на Севере [Зайончковская, 1972]. Это направление исследований в своей обобщающей работе по миграционной тематике М.С. Савоскул (вслед за Л.Л. Рыбаковским) даже выделяет в числе одного из ключевых в период конца 1960-х – конца 1990-х годов [Савоскул, 2014; Алексеев с соавт., 2016]. Специальные исследования регионов вселения мигрантов с Севера, насколько нам известно, не проводились.

В 1990-е годы миграция с Севера (и одновременно из восточных районов России в целом) резко усилилась и уже не компенсировалась встречной миграцией. Возникло уже упомянутое явление ступенчатой миграции с севера и востока на запад и юг страны, получившее название «западный дрейф» (термин Ж.А. Зайончковской [Мкртчян, 2004]). В последние десятилетия интенсивность оттока населения с севера и востока ослабла, однако она по-прежнему составляет один из значительных мигра-

¹⁵ Далее для краткости будем использовать понятие «Север», подразумевая под ним совокупность районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, перечень которых определен Постановлением Совмина СССР от 03.01.1983 № 12 (ред. От 27.02.2018) «О внесении изменений и дополнений в Перечень районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к районам Крайнего Севера, утвержденный Постановлением Совета Министров СССР от 10 ноября 1967 г. № 1029».

¹⁶ Число выбывших с места проживания на Севере не равно числу выехавших вообще: часть выбывших могла «прибыть» в другое место в пределах Севера, однако обычно миграция внутри самих северных районов невелика, и подавляющее число выбывших северян направляется именно за пределы Севера.

ционных феноменов России и привлекает внимание многих исследователей. В первую очередь, обращают на себя внимание работы Н.В. Мкртчяна по межрегиональным миграционным потокам – в них большое внимание уделяется «западному дрейфу» [Мкртчян, 2004; и др.]. Сыктывкарский коллектив под руководством Викт. В. Фаузера традиционно рассматривает проблему миграций в контексте человеческого потенциала северных регионов [например, Население северных регионов ..., 2016]. Теме миграций посвящен ряд работ и других зарубежных [Heleniak, 1999; 2009] и российских ученых [Фаузер, 2010; Ефремов, 2016; Сеница, 2016; и др.].

В большинстве работ акцент делается на выталкивающие факторы, на проблемы на самом Севере, связанные с прекращением политики целенаправленного привлечения рабочей силы в районы Севера, либерализацию цен и т. д. На общем фоне выделяется попытка Н.В. Мкртчяна объяснить не только отток, но и выбор регионов вселения. Для целей настоящей работы особенно важно, что исследователь выделил «сверхнормативную» привлекательность Белгородской области уже в 2006 г.: «К наиболее миграционно привлекательным регионам в пределах основной принимающей зоны относятся ... Краснодарский край и Белгородская область. Миграционная привлекательность последней вообще сложно объяснима: ни экономические, ни природно-климатические условия не выделяют ее как-то из круга соседних регионов. Да и Белгород – не такой уж крупный городской центр, каким является, например, Нижний Новгород. По всей видимости, здесь играют роль субъективные факторы: промигрантская позиция областных властей, «позитивный», новаторский образ области, известной на всю страну благодаря умело проведенной информационной кампании. В результате область отдает мигрантов только Москве с областью и Санкт-Петербургу, пополняя собственное население за счет мигрантов [Мкртчян, 2004].

Пожалуй, единственная работа, посвященная непосредственно теме региональных предпочтений мигрантов с Севера – это масштабное исследование Всемирного банка 1998 г., в котором была предпринята попытка выявить факторы, влияющие на выбор места вселения переселенцев с Севера. В итоге было установлено, что «мигранты выше всего оценивали наличие социальных связей в том регионе, куда они направлялись, наличие жилья, и лишь потом – возможность трудоустройства» [Цит. по: Андриенко, Гуриев, 2006, с. 21; см. также: Heleniak, 2009; Heleniak, 1999]. Среди частных работ, посвященных непосредственно проблемам северных миграций, отметим работу магаданских исследователей [Соболева, Мельников, 1999], отмечавших, что движение с Севера на Юг – это преимущественно возвращение людей, ранее выехавших на Север на заработки, в места их прежнего проживания.

Другие авторы [Андриенко, Гуриев, 2006; Кумо, 2007; и др.] показали важность экономических факторов в формировании картины миграционных по-

токов в России, однако они не выделяли отдельно миграции с Севера и вообще не рассматривали фактор социальных сетей.

Очень интересная попытка эконометрического моделирования миграционных потоков была предпринята Е.С. Вакуленко (в ее работе представлена также отличная история моделирования миграционных потоков) [Вакуленко, 2013]. Учитывая традиционную гравитационную модель (поток миграции между двумя регионами положительно связан с их численностью населения и отрицательно – с расстоянием между ними), автор рассматривает целый ряд других факторов (особенности рынков труда, жилья, уровень и качество жизни населения, политику и др.), проводя анализ и на региональном, и на муниципальном уровне. Используя разные модели для разных групп городов, Вакуленко доказывает, что для городов ЦФО самым важным фактором миграции является средняя заработная плата. Однако при этом средний миграционный прирост в Белгороде за рассмотренный автором период (2004–2008 гг.) выбивается из общего тренда зависимости среднего миграционного прироста от средней заработной платы [Вакуленко, 2013]. При этом «наибольший миграционный коэффициент в ЦФО у городов Белгородской и Московской области» [Вакуленко, 2013].

Сопоставляя данные эконометрического моделирования миграционных потоков разных авторов, можно констатировать: несмотря на высокую роль экономических факторов в формировании миграционных потоков в целом по стране, высокая миграционная привлекательность именно Белгородской области выглядит несколько завышенной. Для объяснения данной ситуации целесообразно привлечь факторы, не учтенные в имеющихся моделях, однако упоминавшиеся в контексте качественного, сущностного анализа миграционных процессов: социальные сети, институциональные факторы и др. – иными словами, можно предположить наличие некоторых внеэкономических факторов, притягивающих в Белгород дополнительный объем мигрантов «сверх» обусловленного экономическими факторами и гравитационной моделью.

Материалы и методика исследования. Для изучения глубинных причин сложных феноменов общественной жизни традиционно применяются качественные методы [Семенова, 1998]. Именно качественные методы стали основой исследования, проведенного в ходе зимней экспедиции НСО кафедры социально-экономической географии зарубежных стран географического факультета МГУ в город Белгород в феврале 2016 г. Было проведено 12 экспертных и 20 полуструктурированных интервью с недавними мигрантами в Белгород из северных районов страны. В качестве экспертов были привлечены две группы специалистов: 1) те, кто так или иначе связан с приемом мигрантов: сотрудники администрации Белгородской области, руководящие сотрудники Белгородского государственного технологического университета (БГТУ) и Белгородского

государственного национального исследовательского университета (БелГУ), в том числе ответственные за привлечение студентов, а также специалисты-географы, 2) обладающие экспертным знанием мигранты из северных регионов страны, проживающие в настоящее время в Белгороде¹⁷.

Кроме того, было проведено анкетирование студенческой молодежи БГТУ и БелГУ (497 студентов 1–4 курсов). Среди опрошенных 55% оказались уроженцами Белгорода и Белгородской области, 10,5% – мигрантами с Севера, 3,4% – с юга Дальнего Востока, 23,7% – из других регионов России (среди них выделялись две основные группы: мигранты из Казахстана и Южной Сибири, а также из соседних с Белгородской областью регионов), 6,6% – с Украины. Исследование фокусировалось, главным образом, на молодежи как наиболее многочисленной группе мигрантов (рис. 1). В частности, мы проверили предположение, которое ранее сделали в работах по Крайнему Северу, о том, что именно доступность вузов является одним из факторов притяжения в Белгород дополнительных групп мигрантов. Наконец, был проведен анализ следующих статистических данных по миграции в Белгородскую область: перепись 2010 г., текущие статданные, а также данные, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области.

Результаты исследования. В первую очередь, статистический анализ подтвердил, что среди мигрантов в Белгородскую область существенную роль играют мигранты-северяне (см. табл. 1). Даже если

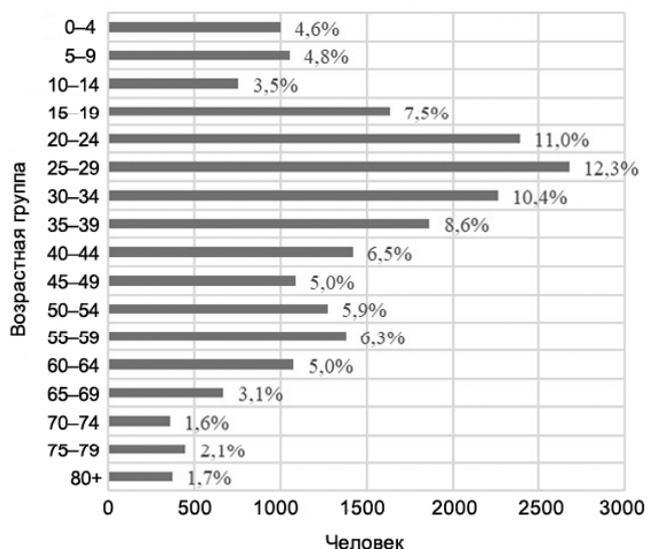


Рис. 1. Возрастная структура прибывших в Белгородскую область (внешняя для региона миграция) за январь–сентябрь 2015 г. [Статистический бюллетень ..., 2015]

Fig. 1. Age structure of arrivals to the Belgorod region (external migration for the region) for January–September 2015 [Statistical Bulletin ..., 2015]

брать в расчет только уроженцев северных регионов, притом только тех, территория которых полностью относится к Северу, то в период с 2009 по 2015 гг. доля таких мигрантов среди всех прибывших в Белгородскую область из других регионов РФ составляла от 23% до 32%. В реальности же выезжающие с Севера составляли в эти годы, по-видимому, не менее трети общего миграционного притока в Белгородскую область.

Особенно интересно, что доля мигрантов из северных регионов страны в Белгородской области выше, чем в соседних регионах. Непосредственные данные по миграции в форме «регион–регион» в российской статистике есть только в материалах Всероссийской переписи населения (наиболее поздние – 2010 г.). Рассмотрим количество мигрантов, прибывших за 2009 год из северных субъектов РФ (выбраны субъекты РФ, большая часть территории которых отнесена к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям) в Белгородскую область, регионы Черноземья, а также, для сравнения, в некоторые другие южные регионы страны с высоким миграционным притоком (данные взяты в расчете на 10 тыс. чел. населения региона–реципиента). Полученные данные убедительно свидетельствуют, что миграционная нагрузка северянами из всех рассмотренных регионов в Белгородской области выше (за редкими исключениями), чем в регионах-аналогах (рис. 2).

Для оценки долговременности процессов миграции северян в Белгородскую область было проведено вычисление коэффициента локализации северян. Коэффициент рассчитан по данным Всероссийской переписи населения 2010 г. по следующей формуле:

$$K = \frac{\text{численность уроженцев региона X, проживающих в регионе Y}}{\text{численность населения региона Y}} \div \frac{\text{численность уроженцев региона X, проживающих в РФ за пределами региона X}}{\text{численность населения РФ} - \text{численность населения региона X}}$$

Для некоторых северных регионов Белгородская область парадоксальным образом является одним из важнейших мест локализации жителей (наряду, разумеется, с самим регионом рождения и ближайшими соседями). Так, из регионов к западу от Урала Белгородская область является вторым после Башкортостана наиболее значимым регионом локализации уроженцев ЯНАО, вторым после Краснодарского края регионом локализации уроженцев Магадана, вторым после Воронежской области регионом локализации уроженцев ЧАО (см. табл. 2).

Полученные данные подтверждают особую привлекательность Белгородской области как места вселения северян.

Ключевым элементом исследования были интервью экспертов и студентов-мигрантов, которые позволили выйти на качественное понимание особенностей миграции в Белгородскую область. В интервью были выявлены следующие факторы при-

¹⁷ Например, были привлечены: бывший сотрудник газеты «Заполярная Правда» (г. Норильск), член руководящего состава Норильского горно-металлургического комбината (г. Норильск), руководитель подразделения налоговой инспекции (г. Магадан) и др.

Таблица 1

Доля мигрантов с Севера среди прибывших в Белгородскую область
[Миграция населения Белгородской области ..., 2015]

Распределение прибывших по территориям выбытия:	янв.-дек. 2009 г.		янв.-дек. 2011 г.		янв.-дек. 2013 г.		янв.-сент. 2015 г.	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Субъекты РФ, всего	10 097	100	16 728	100	20 102	100	13 902	100
Республика Карелия	58	0,6	83	0,5	71	0,4	37	0,3
Республика Коми	533	5,3	742	4,4	855	4,3	452	3,3
Архангельская обл. (без НАО)	170	1,7	367	2,2	408	2	241	1,7
НАО	2	0	22	0,1	22	0,1	15	0,1
Мурманская обл.	328	3,2	628	3,8	660	3,3	383	2,8
ХМАО – Югра	488	4,8	805	4,8	787	3,9	420	3
ЯНАО	521	5,2	1038	6,2	1285	6,4	704	5,1
Республика Тыва	5	0	1	0	3	0	5	0
Таймырский Долгано-Ненецкий район	28	0,3	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Эвенкийский район	0	0	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Республика Саха (Якутия)	381	3,8	481	2,9	564	2,8	343	2,5
Камчатский край	164	1,6	415	2,5	350	1,7	195	1,4
Магаданская область	186	1,8	310	1,9	339	1,7	195	1,4
Сахалинская область	269	2,7	276	1,6	234	1,2	144	1
ЧАО	73	0,7	104	0,6	159	0,8	86	0,6
Всего северян	3206	31,8	5272	31,5	5737	28,5	3220	23,2

влекательности Белгородской области и Белгорода для мигрантов с Севера: 1) фактор «родины»: Белгородская область и соседние регионы являются родиной людей, ранее выехавших на Север на заработки, и в настоящее время возвращающихся, 2) теплый климат, 3) мезогеографическое положение: близость Украины, 4) удобное макрогеографическое положение: близость к Москве, морю, Европе, 5) политика областных властей, доступные ипотечные программы, 6) организационные меры северных предприятий по строительству жилья, содействию кооперативному строительству и т. п., 7) высокий уровень благоустройства, эстетическая привлекательность Белгорода, 8) положительный образ Белгорода в информационном поле, рекомендации знакомых, 9) легкость поступления в высшие учебные заведения Белгорода, 10) экономическая привлекательность Белгорода (включая доступность покупки недвижимости).

Рассмотрим механизмы работы некоторых наиболее специфических факторов подробнее.

Наиболее очевидный и ожидаемый фактор – «возвращение на родину» – согласуется с имеющимися в литературе утверждениями о роли возвратной миграции (см. выше). Однако при детальном изучении оказывается, что этот процесс имеет множество нюансов. На первый взгляд можно предположить, что высокий уровень привлекательности области для «возвратных мигрантов» с Севера есть

результат высокой отдачи мигрантов на Север в прошлом. Белгородская область действительно на протяжении второй половины XX в. активно отдавала мигрантов (вплоть до 1990-х годов – на уровне 50–60 тыс. чел. в год), что, однако, компенсировалось встречными потоками, связанными с реализацией ряда новых промышленных проектов – в первую очередь, с сооружением Оскольского электрометаллургического комбината и освоением Курской магнитной аномалии в целом [Чугунова, 2011]. Интервью показали, что большую роль в перераспределении мигрантов из Белгорода в северные и восточные районы страны играли белгородские учебные заведения, особенно активно «на Севера» уезжали горняки, а также геологи, занятые в крупных ресурсных проектах.

Для проверки правомерности суждения о высоком уровне отдачи мигрантов на Север в советский период было проведено дополнительное статистическое исследование. Поскольку прямых данных по миграции с юга на север в советский период нет, была выбрана оценка расселения уроженцев Белгородской области по состоянию на 1989 г. (табл. 3). Она подтвердила вывод о том, что Белгородская область, по-видимому, действительно больше отдавала мигрантов на Север, чем соседние области Черноземья.

Персональные истории отдельных мигрантов показывают, что фактор «возвращения на родину» может работать как фактор первичного выбора на-

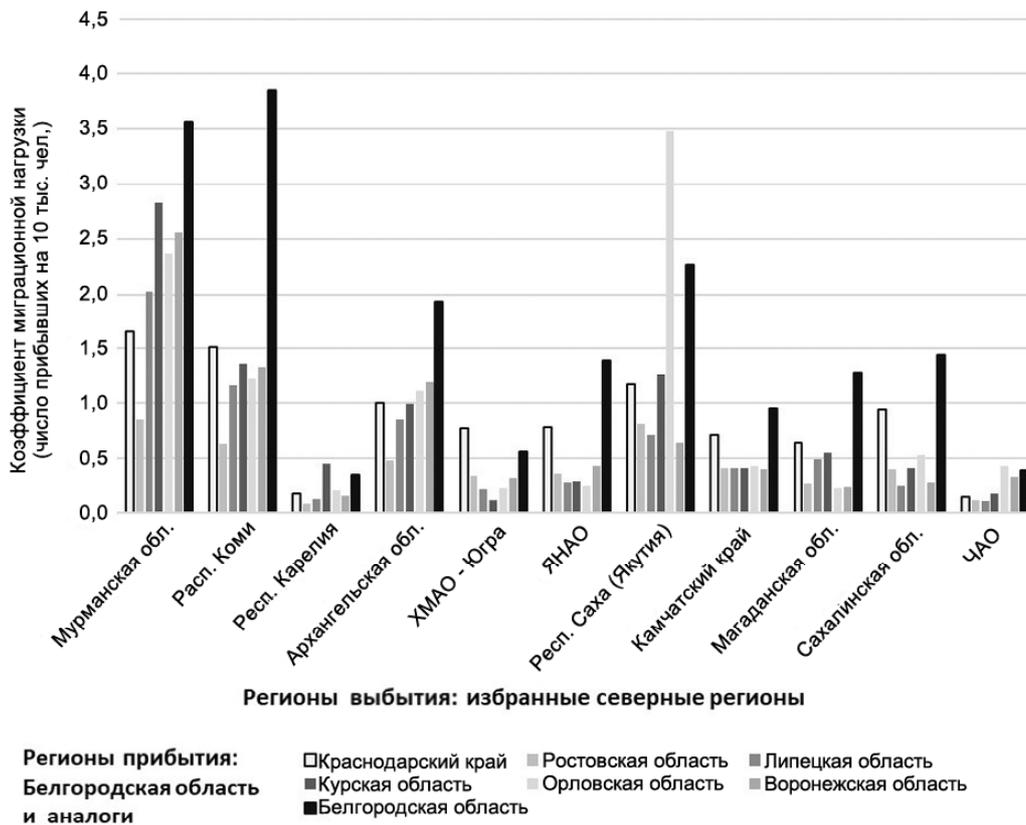


Рис. 2. Миграционная нагрузка северянами на Белгородскую область в сравнении с регионами-аналогами [Всероссийская перепись населения ..., http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm]

Fig. 2. Migration load of northerners in the Belgorod region in comparison with analogous regions [All-Russian population census ..., http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm]

правления, тогда как уже в пределах некоторой предварительно очерченной «родной зоны» или, точнее, зоны проживания родственников, происходит выбор места по уровню привлекательности (здесь большую роль играет, по-видимому, фактор благоустройства и др.).

Близость Украины – пожалуй, самый специфичный фактор притягательности Белгорода, который при детальном обсуждении распадается на два. С одной стороны, фактор «близости Украины» – это вариант проявления фактора «возвращения на родину»: речь идет о тех, кто выехал на Север с территории Украины (как правило, еще во времена СССР), однако хочет проживать в России. Численность украинцев в северных районах была значительной – в частности, согласно проведенному отделом кадров Норильского горно-металлургического комбината исследованию, в 1982 г. (то есть как раз незадолго до начала массовой миграции с Севера) доля украинцев среди сотрудников превышала 22% (интервью с Т. Бусыгиной¹⁸). Соответственно, численность северян, для которых миграция в Белгородскую область является возвращением на родину (и в близкие к родине районы), существенно увеличивается за счет выходцев с Украины.

После начала конфликта на Украине фактор близости к ней поменял значение на противоположное [Колосов и др., 2018], в наших анкетах также фактор «приграничья» Белгородской области упоминался в некоторых случаях как отрицательный.

Второй из «украинских» факторов – это микроположение Белгорода в 80 км от Харькова, города-миллионера с широким спектром досуговых возможностей и к тому же с относительно низкими ценами. Возможность закупок и доступности развлечений по низким ценам в Харькове многие отмечали в качестве позитивных сторон жизни в Белгороде до 2014 г., однако никто не называл его в качестве решающего при выборе направления миграции. Скорее, это характеристика жизни в Белгороде, осознаваемая «постфактум», уже после вселения.

Были, однако, и иные механизмы привлечения мигрантов – в первую очередь, *целенаправленные программы по переселению жителей северных городов*. Как показал ряд интервью, уроженцы Белгородской области (или члены их семей) способствовали «запуску» новых, административных механизмов привлечения мигрантов в Белгород. Например, согласно одному из проведенных интервью, по инициативе руководства рудника «Октябрьский», в се-

¹⁸ Бывший корреспондент газеты «Заполярная правда» в г. Норильске.

Таблица 2

Регионы с наиболее высоким коэффициентом локализации уроженцев избранных территорий Крайнего Севера, 2010 г. [Всероссийская перепись населения ..., http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm]

№	Место рождения							
	ЯНАО		Республика Коми		Магаданская область		ЧАО	
	Регион проживания	К лок	Регион проживания	К лок	Регион проживания	К лок	Регион проживания	К лок
1	Тюменская обл. (без АО)	17,9	НАО	21,0	ЧАО	191,3	Магаданская обл.	57,6
2	ХМАО – Югра	6,4	Кировская обл.	4,5	Хабаровский край	4,4	Хабаровский край	5,7
3	Таймырский р-н	3,0	Вологодская обл.	3,3	Еврейская АО	3,9	Камчатский край	4,8
4	Р. Башкортостан	2,5	Архангельская обл. (без НАО)	3,2	Приморский край	3,3	Воронежская обл.	3,8
5	Белгородская обл.	2,5	Ярославская обл.	2,9	Камчатский край	2,5	Еврейская АО	3,2
6	Омская область	2,4	Смоленская обл.	2,4	Амурская обл.	2,2	Приморский край	3,0
7	НАО	2,1	Костромская обл.	2,4	Краснодарский край	2,1	Белгородская обл.	2,5
8	г. Санкт-Петербург	1,8	Белгородская обл.	2,3	Белгородская обл.	2,1	Амурская обл.	2,3
9	Р. Коми	1,7	ЯНАО	2,3	Республика Адыгея	1,9	Тульская обл.	2,1
10	Краснодарский край	1,5	Новгородская обл.	2,2	Тульская область	1,8	Краснодарский край	1,9

мьях сотрудников которого были выходцы из Белгородской области, была запущена программа по переселению в Белгород норильчан – сотрудников Норильского горно-металлургического комбината. Рудник «послал своих представителей, они здесь с местными властями договорились, им выделили землю, построили дом». По итогам программы в Белгород попали желающие переехать норильчане, не только имеющие родственников в Белгородской области или неподалеку, но и лично с Белгородом не связанные – например, урожденные сибиряки. Таким образом, поток возвращающихся в Белгород из Норильска местных уроженцев «захватил с собой» коллег-белгородцев.

Формированию специализированных программ по переселению северян в Белгород содействовали встречные организационные меры. В частности, бывший ректор БелГУ Л.Я. Дятченко упомянул в интервью о десятках разосланных им по крупным северным предприятиям приглашений к взаимодействию. Личный опыт возвращения на родину из Казахстана позволил Дятченко разработать модель так называемого «социального конвейера», включающего, с одной стороны, переселение в Белгородскую область северных пенсионеров, с другой – переселение в освобожденное ими на севере жилье белгородской молодежи, а также взаимодействие по части снабжения северян продуктами, организации их отдыха и др. [Дятченко, 1992]. Норильский горно-металлургический комбинат включился в проект, и один дом в Белгороде был заселен именно в рамках его реализации.

По данным интервью, помимо Норильска, содействовали переселению северян в Белгородскую область предприятия и организации, как минимум, Воркуты, Магадана, Нового Уренгоя, Сургута.

Помимо названных факторов, большую и специфическую роль в привлечении северян играет *теп-*

лый климат. Специфика климата Белгородской области состоит в том, что он не слишком жаркий по сравнению, например, с климатом Краснодарского края: переезд в слишком жаркий климат считается вредным для здоровья тех, кто долго прожил на Севере. При этом понятие «теплый климат» для северян включает и доступность свежих фруктов, овощей, мяса, молочной продукции: здесь развитое сельское хозяйство оказывается включено в систему миграционной привлекательности Белгородчины. Теплый климат служит фактором выбора первичного спектра регионов, рассматриваемых в качестве потенциальной зоны миграции, но внутри этой зоны, как внутри зоны тяготения к местам проживания родственников, северяне выбирают место вселения по общей привлекательности города.

Часто упоминалась и *политика областных властей* по развертыванию широкой компании строительства ипотечного жилья на льготных условиях, а также по благоустройству города. Ипотечная программа, в первую очередь, была ориентирована на местных жителей, однако, как показали интервью, тем или иным путем в ней участвовали и северяне. По мере того как заканчивались привлекательные участки земли, роль фактора пошла на спад.

Результаты анкетного опроса подтвердили общую тенденцию: для мигрантов издалека (с Севера, а также из рассмотренных отдельно районов Дальнего Востока, не относящихся к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям) на первый план выходит близость к месту проживания родственников и здесь, в частности, включается фактор близости родственников на Украине. Кроме того, для мигрантов издалека поступление ребенка в вуз сопряжено с покупкой квартиры: включается фактор наличия жилья (см. табл. 4).

Таблица 3

Распределение уроженцев областей ЦЧР по районам Крайнего Севера и местностям, приравненным к районам Крайнего Севера на момент Всесоюзной переписи 1989 г.
[Всесоюзная перепись населения ..., http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/sng_pob_89.php]

Регион проживания в 1989 г. (регион прибытия)	Регион – место рождения				
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская
Карельская АССР	47,4	37,6	42,0	25,3	33,5
Коми АССР	125,5	81,1	97,5	70,4	62,9
Архангельская обл.	95,0	70,2	77,8	50,2	45,9
НАО	2,4	2,9	2,4	2,0	1,2
Мурманская обл.	183,9	125,0	119,3	113,5	134,0
ХМАО – Югра	124,5	65,8	70,5	51,8	35,9
ЯНАО	63,1	18,1	34,4	28,9	17,0
Тувинская АССР	3,4	3,0	3,2	2,3	1,8
Таймырский (Долгано-Ненецкий) АО	5,5	3,0	3,7	5,0	1,6
Эвенкийский АО	1,6	0,9	1,1	1,9	0,6
Якутская АССР	69,6	43,4	49,9	33,2	22,5
Камчатская обл.	51,8	46,7	38,5	28,1	32,1
Магаданская обл.	57,2	31,7	34,3	26,1	17,9
Сахалинская обл.	103,1	59,7	67,0	40,2	46,3
ЧАО	26,3	14,4	15,9	14,6	7,4
Всего, р-ны Крайнего Севера и приравненные к ним местности	960,0	603,5	657,5	493,5	460,7

При этом 24,3% опрошенных указали, что хотели бы по окончании вуза поехать на Север (в том числе 11,2% – с целью трудоустройства с высоким заработком, из них 8,6% – уроженцы Белгорода и области). Очевидно, что к моменту окончания вуза намерения могут измениться. Примечательно следующее: для белгородцев приезжие северяне представляют пример обеспеченной категории жителей (это многократно подтверждено в интервью), результатом чего является оценка модели «поехать на Север на заработки» по примеру новых соседей как возможной и даже желанной.

Выводы:

– для миграционной ситуации в Белгородской области, по сравнению с соседними регионами-аналогами, характерна повышенная доля мигрантов из северных регионов России. Одна из важнейших причин, способствующих увеличению миграционного потока в Белгород – это «эхо» повышенной отдачи населения Белгородской области в районы Крайнего Севера в 1970-80-х годах: современная миграция отчасти является возвратной миграцией уроженцев Белгородской области после работы на Севере. В этом плане можно предполагать наличие между Белгородской обла-

стью и северными регионами страны мини-аналога территориальных миграционных систем, выделенных М.С. Савоскул для международной миграции [Савоскул, 2015]. Для России предлагалась также аналогичная идея «больших регионов» [Замятина, 2016];

– при этом существуют и дополнительные локальные факторы, мультиплицирующие потоки мигрантов в Белгородскую область. По сути, наблюдается своего рода «агломерация потоков», когда наличие одного канала миграции упрощает «запуск» других. Мультиплицирование миграционных потоков в Белгород происходит, например, через реализацию специальных программ переселения (инициированных белгородцами и членами их семей). На стадии реализации в такие проекты и программы включаются уроженцы и других регионов – как правило, коллеги инициаторов. Определенную роль играют и неофициальные проекты (совместная покупка жилья, переезд группы выпускников одного класса и др.), а также создание более ранними мигрантами положительного образа Белгорода в информационном поле;

– специфическим фактором повышения привлекательности Белгородской области стало ее мезогеографическое положение на границе с Украиной:

Таблица 4

Средняя оценка факторов выбора Белгорода в качестве направления миграции студентами белгородских вузов (по 5-балльной шкале)

Фактор	Северяне (районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности)	Дальний Восток	Мигранты из др. регионов России
Теплый климат	3,52	2,65	2,72
Ухоженность и благоустройство города	3,67	3,29	3,68
Родственники в Белгороде	2,83	2,00	2,75
Родственники где-то рядом (включая Украину)	2,56	1,29	1,23
Поездка «за компанию» с другом/подругой	1,37	0,88	1,31
Наличие жилья	3,31	1,59	1,92
«Проверенный» вуз, где учились родственники или знакомые	2,38	0,94	2,48
Хорошая подготовка по выбранной специальности	2,37	1,24	2,31

Источник: собственный опрос

Белгородская область стала местом массового вселения людей, ранее уехавших на Север с территории Украины. Если бы Украина и Россия оставались в составе единого государства, население области было бы меньше;

– немаловажную роль в повышении миграционной привлекательности Белгорода сыграл также высокий уровень благоустройства (влияющий на имидж Белгорода) и ипотечная компания областного правительства.

Благодарности. Статья подготовлена по материалам зимней экспедиции НСО кафедры социально-экономической географии зарубежных стран географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 2016 г. Обработка материалов и их дальнейший анализ выполнены в рамках реализации проекта РФФИ № 18-05-60108 «Арктические связи: люди и инфраструктуры».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.И., Савоскул М.С., Сафронов С.Г. Отечественная география населения в постсоветский период: основные направления и тренды их развития // Региональные исследования. 2016. № 2(52). С. 55–65.

Андрюченко Ю., Гуриев С. Анализ миграции в России: аналитический отчет // Центр экономических и финансовых исследований и разработок в Российской экономической школе. № 23. Апрель 2006. 47 с.

Вакуленко Е.С. Моделирование миграционных потоков на уровне регионов, городов и муниципальных образований. Дисс. ... канд. экон. наук. М.: НИУ ВШЭ, 2013.

Дятченко Л.Я. Математическая модель реализации проекта «Социальный конвейер» // Современная социология: состояние и перспективы: материалы междунар. семинара-дискуссии, Белгород, 20 февр. 1992 г. / Ред. кол.: Л.Я. Дятченко, Т. Лоусон, В.Н. Ткачев. Белгород, 1992. С. 44–47.

Ефремов И.А. Современные миграционные процессы на Крайнем Севере России // Регионология. 2016. № 4(97). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-migratsionnye-protsessy-na-kraynem-severe-rossii> (дата обращения: 18.03.2019).

Зайончковская Ж.А. Новоселы в городах (методы изучения приживаемости). М.: Статистика, 1972. 164 с.

Замятина Н.Ю. Большие регионы на Севере: как периферийность компенсируется социальными связями // Сибирь: контексты настоящего: сборник материалов международных конференций молодых исследователей Сибири / Науч. ред. Басалаева И.П., Рожанский М.Я.; Сост. Рожанский М.Я. Иркутск: Центр независимых социальных исследований – Иркутск, 2016. С. 165–196.

Замятина Н.Ю. Социальная лесотундра: географическая подвижность как элемент семейных траекторий жителей северных городов (на примере Норильска и Дудинки) // Неприкосновенный запас. 2014. № 5(97). С. 189–208.

Кумо К. Миграция населения в постсоветской России // ЭНСР. 2007. № 2. С. 132–145.

Миграция населения Белгородской области. Статистический бюллетень. Белгород. 2010, 2011, 2012, 2014, 2015 (соответствующие выпуски).

Мкртчян Н.В. «Западный дрейф» внутрисоюзной миграции // Отечественные записки. 2004. № 4(19). С. 94–104. URL: <http://www.strana-oz.ru/2004/4/zapadnyy-dreyf-vnutrirossiyskoj-migracii>

Мкртчян Н.В. Миграция в России: западный дрейф // Информационный бюллетень Центра демографии и экологии человека ИНИП РАН. 2004. № 87.

Российское пограничье: вызовы соседства / Под ред. В.А. Колосова. М.: ИП Магушкина И.И., 2018. 562 с.

Савоскул М.С. Территориальные системы международных миграций населения // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5: География. 2015. № 6. С. 11–18.

Савоскул М.С. Становление и развитие миграциологии в России: опыт междисциплинарного исследования // Региональные исследования. 2014. № 4(46). С. 28–39.

Семенова В.В. Качественные методы: введение в гуманистическую социологию: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Добросвет, 1998. 289 с.

Синица А.Л. Демографическое развитие районов Крайнего Севера в 2000–2015 гг: итоги миграции // Вестн. Сургутского гос. ун-та. 2016. № 2. С. 53–57.

Соболева В.Н., Мельников С.М. Миграционные процессы в Магаданской области // Социологические исследования. 1999. № 11. С. 58–62.

Фаузер В.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н., Залевский В.А. Население северных регионов: от количественных показателей к качественному измерению / Отв. ред. Фаузер В.В. Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Сорокина, 2016. 240 с.

Фаузер В.В. Факторы миграции населения северных регионов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2010. № 3. С. 138–144.

Чугунова Н.В. Социально-демографическое развитие Белгородской области в изменяющейся России. М.: ГЕОС, 2011. 140 с.

Heleniak T.E. Migration from the Russian North during the transition period. SP Discussion paper. World bank. № 9925. September 1999.

Heleniak T.E. The role of attachment to place in migration decisions of the population of the Russian North // Polar Geography. V. 32. № 1–2, March-June 2009. P. 31–60.

Электронные ресурсы:

Всероссийская перепись населения 2010 г.: информационный портал [Электронный ресурс]: URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm (дата обращения 15.05.2019).

Всесоюзная перепись населения 1989 г. Распределение населения республик СССР и их регионов по месту рождения // Демоскоп Weekly [Электронный ресурс]: URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/sng_pob_89.php (дата обращения 15.05.2019).

Экономические и социальные показатели районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей в 2000–2017 гг. М.: Росстат, 2018 [Электронный ресурс]: URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1141140096401 (дата обращения 15.05.2019)

Поступила в редакцию 20.03.2019

После доработки 24.04.2019

Принята к публикации 24.05.2019

**N.Yu. Zamyatina¹, D.S. Elmanova², A.V. Poturaeva³, V.V. Akimova⁴, I.N. Alov⁵, I.V. Kiselev⁶,
K.D. Lovyagin⁷, V.A. Mazur⁸, A.V. Nenenko⁹, A.N. Petrova¹⁰, I.V. Plekhanov¹¹,
V.N. Ryapuhina¹², A.S. Khusainova¹³**

**SPECIFIC FEATURES OF MIGRATION SITUATION IN THE BELGOROD REGION:
FACTORS OF INCREASED ATTRACTIVENESS FOR MIGRANTS
FROM THE NORTHERN REGIONS OF RUSSIA**

The article analyzes the factors of localization of migrants from the Far North in the Belgorod region. The Belgorod region differs from other regions of Central Russia by high number of migrants, which is difficult to explain only by economic factors. The field materials on which the article is based (expert surveys and questionnaires of students of Belgorod universities – migrants from other regions) show that the migration phenomenon of Belgorod is a result of a number of factors, including the proximity of Ukraine for Northern migrants with relatives in that country, high level of urban improvement in the city itself, the programs of subsidized house-buying, etc. A combination of various methods (statistical analysis, questionnaires, and qualitative research methods) was applied for the study.

Key words: migration attractiveness, Far North, «Western drift», migration, out migration

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* nadezam@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* elmanova@gmail.com

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, post-graduate student; *e-mail:* av-poturaeva@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail:* atlantisinspace@mail.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, student; *e-mail:* alov.ivan@mail.ru

⁶ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, post-graduate student.

⁷ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, post-graduate student; *e-mail:* kostas217@mail.ru

⁸ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, student; *e-mail:* m1434@yandex.ru

⁹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, student

¹⁰ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, student; *e-mail:* ann.ka1995@yandex.ru

¹¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of World Physical Geography and Geoecology, post-graduate student; *e-mail:* faber_fortunae@mail.ru

¹² Shukhov Belgorod State Technological University, Serbian Resource Center, Director, PhD. in Economics; *e-mail:* viktorer_r@mail.ru

¹³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, post-graduate student; *e-mail:* khusainova.lina@yandex.ru

Acknowledgements. The article is based on the materials of 2016 winter expedition of the Scientific Students' Society of the Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, MSU Faculty of Geography. Processing and analysis of materials were financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project № 18-05-60108 «Arctic communications: people and infrastructure»).

REFERENCES

- Alekseyev A.I., Savoskul M.S., Safronov S.G.* Otechestvennaya geografiya naseleniya v postsovetitskiy period: osnovnyye napravleniya i trendy ikh razvitiya [Domestic geography of population in the post-Soviet period: the main directions and trends of their development] // *Regionalnyye Issledovaniya*. 2016. № 2(52). P. 55–65. (In Russian)
- Andrienko Ju., Guriev S.* Analiz migratsii v Rossii: analiticheskiy otchet [Analysis of migration in Russia: analytical report] // *Centr Jekonomicheskikh i Finansovykh Issledovaniy i Razrabotok v Rossijskoy Jekonomicheskoy Shkole*. № 23. April 2006. 47 p. (In Russian)
- Chugunova N.V.* Social'no-demograficheskoe Razvitiye Belgorodskoy Oblasti v Izmenyajushhejsja Rossii [Social and Demographic Development of the Belgorod Region in Changing Russia]. Moscow: GEOS, 2011. 140 p. (In Russian)
- Djatchenko L.Ja.* Matematicheskaja model' realizacii proekta «Social'nyj konvejer» [A mathematical model of the «Social pipe» project] // *Sovremennaja Sociologija: Sostojanie i Perspektivy. Materialy Mezhdunar. Seminara-Diskussii, Belgorod, 20 Februar 1992* / Ed.: L.Ja. Djatchenko, T. Louson, V.N. Tkachev. Belgorod, 1992. P. 44–47. (In Russian)
- Efremov I.A.* Sovremennye migracionnye processy na Krajnem Severe Rossii [Modern migration processes in the Far North of Russia] // *Regionologija*. 2016. № 4(97). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-migratsionnye-protsessy-na-krajnem-severe-rossii> (data obrashhenija: 18.03.2019). (In Russian)
- Fauzer V.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N., Zalevskiy V.A.* Naselenije Severnykh Regionov: ot Kolichestvennykh Pokazateley k Kachestvennomu Izmereniju [Population of Northern Regions: from Quantitative Indicators to Qualitative Measurement] / *Otv. red. Fauzer V.V. Syktyvkar: Izdatelstvo SGU im. Pitirima Sorokina*, 2016. 240 p. (In Russian)
- Fauzer V.I. Vikt.* Faktory migratsii naselenija severnykh regionov [Factors of migration of the population of Northern regions] // *Jekonomicheskie i Social'nye Peremeny: Fakty, Tendencii, Prognoz*. 2010. № 3. P. 138–144. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/faktory-migratsii-naseleniya-severnykh-regionov> (data obrashhenija: 18.03.2019). (In Russian)
- Heleniak T.E.* Migration from the Russian North during the transition period. SP Discussion paper. World bank. № 9925. September 1999.
- Heleniak T.E.* The role of attachment to place in migration decisions of the population of the Russian North // *Polar Geography*. V. 32. № 1–2, March-June 2009. P. 31–60.
- Kumo K.* Migratsija naselenija v postsovetitskoy Rossii [Migration of the population in post-Soviet Russia] // *JeNSR*. 2007. № 2. P. 132–145. (In Russian)
- Migratsiya naseleniya Belgorodskoy oblasti. Statisticheskij byulleten [Migration of the population of the Belgorod region. Statistical bulletin]. Belgorod, 2010. 2011. 2012. 2014. 2015.
- Mkrtechjan N.V.* «Zapadnyj dreyf» vnurirossijskoy migratsii [«Western drift» of internal Russian migration] // *Otechestvennye Zapiski*. 2004. № 4(19). P. 94–104. URL: <http://www.strana-oz.ru/2004/4/zapadnyy-dreyf-vnurirossijskoy-migratsii>. (In Russian)
- Mkrtechjan N.V.* Migratsiya v Rossii: zaradnyj dreyf [Migration in Russia: West drift] // *Informacionnyj byulleten Centra demografii i ekologii cheloveka INP RAN*. 2004. № 87.
- Rossiiskoe pogranič'e: vyzovy sosedstva [Russian Borderlands: Challenges of Neighboring] / *Pod red. V.A. Kolosova*. M.: IP Matushkina I.I., 2018. 562 p. (In Russian)
- Savoskul M.S.* Stanovlenije i razvitiye migratsiologii v Rossii: opyt mezhdisciplinarnogo issledovaniya [Evolution and progress of migration studies in Russia: interdisciplinary research] // *Regionalnyye Issledovaniya*. 2014. № 4(46). P. 28–39. (In Russian)
- Savoskul M.S.* Territorial'nye sistemy mezhdunarodnykh migratsij naselenija [Territorial systems of the international migrations of population] // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5: Geografija*. 2015. № 6. P. 11–18. (In Russian)
- Semenova V.V.* Kachestvennye Metody: Vvedenie v Gumanisticheskiju Sociologiju: Ucheb. Posobie dlja Studentov Vuzov [Qualitative Methods: Introduction to Humanistic Sociology: Textbook for University Students]. Moscow: Dobrosvet, 1998. 289 p. (In Russian)
- Sinitisa A.L.* Demograficheskoye razvitiye rayonov Krajnego Severa v 2000–2015 gg: itogi migratsii [Demographic development of the Far North in 2000–2015: results of migration] // *Vestnik Surgutskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2016. № 2. P. 53–57. (In Russian)
- Soboleva V.N., Mel'nikov S.M.* Migracionnye processy v Magadanskoj oblasti [Migration processes in the Magadan Region] // *Sociologicheskie Issledovaniya*. 1999. № 11. P. 58–62. (In Russian)
- Vakulenko E.S.* Modelirovaniye migratsionnykh potokov na urovne regionov, gorodov i munitsipalnykh obrazovaniy [Modeling of Migration Flows at the Level of Regions, Cities and Municipalities]. Diss. ... kand. ekon. nauk. Moscow: HSE, 2013. (In Russian)
- Zajonchkovskaja Zh.A.* Novosely v Gorodah (Metody Izuchenija Prizhivaemosti) [New Settlers in Cities (Methods of Studying the Adaptation)]. Moscow: Statistika, 1972. 164 p. (In Russian)
- Zamyatina N.Yu.* Bolshiye regiony na Severe: kak periferiynost kompensiruyetsya sotsialnymi svyazyami [Vast regions in the North: how the peripherism is compensated by social ties] // *Sibir: Konteksty Nastoyashchego: Sbornik Materialov Mezhdunarodnykh Konferentsiy Molodykh Issledovateley Sibiri* / Nauch. red. I.P. Basalayeva. M.Ya. Rozhanskiy; Sost. M.Ya. Rozhanskiy. Irkutsk: Tsentr Nezavisimykh Sotsialnykh Issledovaniy, 2016. P. 165–196. (In Russian)
- Zamyatina N.Yu.* Sotsialnaya lesotundra: geograficheskaya podvizhnost kak element semeynykh trayektoriy zHITELEY severnykh gorodov (na primere Noril'ska i Dudinki) [Social forest-tundra: geographical mobility as an element of family trajectories of the citizens of Northern cities (the case studies of Norilsk and Dudinka)] // *Neprikosnovennyj Zapas*. 2014. № 5(97). P. 189–208. (In Russian)
- Web-sources:**
- Ekonomicheskiye i sotsialnyye pokazately rayonov Krajnego Severa i priravnennykh k nim mestnostey v 2000–2017 gg. [Economic and social indicators of the Far North and equated areas in 2000–2017]. Moscow: Rosstat, 2018 [Elektronnyj resurs]: URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1141140096401. (in Russian)
- Vserossiyskaya perepis naseleniya 2010 g.: informatsionnyy portal [All-Russian population census 2010: official information portal] [Elektronnyj resurs]: URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm. (in Russian)
- Vsesoyuznaya perepis naseleniya 1989 goda. Raspredeleniye naseleniya respublik SSSR i ikh regionov po mestu rozhdeniya [USSR census 1989. Distribution of the population of the USSR republics and their regions by place of birth] // *Demoskop Weekly* [Elektronnyj resurs]: URL: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/sng_pob_89.php. (in Russian)

Received 20.03.2019
Revised 24.04.2019
Accepted 24.05.2019

УДК 631.4: 631.487:574.4

М.В. Бобровский¹, С.В. Лойко²**ВОЗРАСТ И ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА ТЕМНОГУМУСОВЫХ ПОЧВ
«КАЛУЖСКИХ ЗАСЕК»**

Исследовано морфологическое строение темногумусовых почв в старовозрастных дубравах на Южном участке заповедника «Калужские засеки» (Калужская обл.). Темногумусовые почвы в основном приурочены к участкам с расчлененным рельефом, встречаются как на плакорных участках, так и на склонах. Они занимают небольшие площади внутри ареалов дерново-подзолистых и серых почв. Проведен анализ строения трех траншей длиной от 2,5 до 6,5 м в темногумусовых почвах на плакорах. Определен радиоуглеродный возраст 15 образцов.

Профили темногумусовых почв имеют строение АУ-С. Содержание Сорг. на глубине 0–10 см составляет 4,4–8%, глубже его содержание в гор. АУ варьирует от 1 до 3%. В профилях можно выделить два основных морфологических уровня: (1) «фоновый» гор. АУ глубиной до 40–60 см и (2) «котлы» с материалом гор. АУ глубиной до 120–130 см. Последние представляют древние западины ветровалов: образование глубоких вывалов и перемещение материала гор. АУ в западины приводило к увеличению мощности гумусового горизонта. Гумусовые профили изученных почв «Калужских засек» являются наиболее мощными на Русской равнине среди описанных бескарбонатных почв с темногумусовым горизонтом АУ.

Возраст темногумусовых почв «Калужских засек» в целом соответствует возрасту изученных ранее дневных почв лесостепи Русской равнины. Возраст гумуса в верхней части гор. АУ варьирует от 230±150 до 2690±110 кал. л. н.; в нижней части – около 6000 кал. л. н. Возраст гумуса в западинах вывалов – от 4320±130 до 8170±140 кал. л. н., в большинстве случаев он больше, чем в нижней части «фоновых» гор. АУ.

Мы предполагаем, что первоначально мощность вывалов не превышала 60 см; мощные вывалы (глубиной до 150 см) являются более молодыми. В пользу этой гипотезы говорят результаты анализа особенностей строения профилей, в том числе трещинной сети в гор. С (ВС); возраста гумуса, образованного на материале Стурб. после ветровалов; разницы возраста «погребенного» в западинах гумуса и гумуса «фоновых» гор. АУ. Предполагаемый возраст глубоких вывалов находится в интервале от 700 до 2700 кал. л. н. и в основном соответствует позднему голоцену.

Изученные почвы «Калужских засек» представляют пример непрерывного лесного почвообразования, в результате которого сформирован мощный темногумусовый профиль. При этом в них отсутствуют традиционные признаки черноземной «степной» и подзолистой «лесной» стадий голоценового почвообразования, выделяемые для многих почв лесостепи.

Ключевые слова: генезис почв, ветровал, морфология почв, радиоуглеродный возраст, дубравы

Введение. Вопросы генезиса почв юга лесной зоны и лесостепи издавна привлекали внимание исследователей. В значительной мере это внимание связано с проблемами динамики природных зон на границе лесной и лесостепной зон в голоцене и выявлением причин безлесия русских степей [Комаров, 1951; Мильков, 1952]. Основной тренд позднеголоценового генезиса почв лесостепи многие исследователи представляют как переход от формирования почв с темногумусовым (или черноземным) горизонтом к формированию текстурно-дифференцированных профилей [Чендев с соавт., 2017]. При этом основное число работ посвящено эволюции черноземов и серых почв [Александровский, Чичагова, 1998; Александровский, Александровская, 2005; Гоняный с соавт., 2007; Чендев с соавт., 2017], собственно темногумусовые почвы обычно не рассматриваются при эволюционных построениях. Основ-

ная причина этого – малое распространение данных почв на территории Среднерусской возвышенности.

Типичные темногумусовые почвы имеют строение профиля АУ – С, где АУ – темногумусовый горизонт, С – почвообразующая порода [Классификация и диагностика ..., 2004]. Темногумусовые почвы, которые послужили объектом данной работы, впервые были описаны в 1989 г. Е.В. Пономаренко и Г.Ю. Офман в ходе исследований, посвященных подготовке материалов для организации заповедника «Калужские засеки» [Пономаренко, 1999]. В дальнейшем нами были изучены особенности распространения темногумусовых почв и строение их профилей [Бобровский, 2010; Бобровский с соавт., 2012]. Однако до настоящего времени отсутствовали данные о возрасте этих почв. Основная задача настоящей работы – выявление особенностей генезиса темногумусовых почв на территории заповедника

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, лаборатория моделирования экосистем, вед. науч. с., доцент, докт. биол. н. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, докт. биол. н.; e-mail: maxim.bobrovsky@gmail.com

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, ст. науч. с., канд. биол. н.; e-mail: s.loiko@yandex.ru

«Калужские засеки» на основе возраста разных структурных элементов (комплексов морфонов) почвенных профилей.

Материал и методы исследований. Исследования проводили на юго-востоке Калужской области, в 62 квартале Южного участка государственного природного заповедника «Калужские засеки» (бывш. 8 кв. Ягодненского лесничества). Территория заповедника, как и более широко известных «Тульских засек», по лесорастительному районированию относится к северной лесостепи [Курнаев, 1980], по геоботаническому районированию расположена в пределах неморальной полосы [Ahti et al., 1962; Восточноевропейские леса ..., 2004].

Заповедник расположен в пределах Русской платформы, в северо-западной части Среднерусской возвышенности. Преобладают высоты 150–250 м над ур. м., наивысшая точка – 275 м. Рельеф Южного участка заповедника представляет собой приподнятую равнину, густо расчлененную овражно-балочно-долинной сетью. Коренные породы представлены нижнемеловыми отложениями (глинами, песками и песчаниками). Почвообразующие породы представлены покровными лессовидными суглинками и глинами мощностью 10–20 м, перекрывающими отложения днепровской морены, которая вскрывается в балках [Государственная геологическая карта, 1961; Петров, 2003].

В соответствии с почвенно-экологическим районированием [Урусевская с соавт., 2013], исследуемый участок относится к Тульскому округу серых, светло-серых и темно-серых лесных тяжелосуглинистых и суглинистых почв на лессовидных отложениях Среднерусской провинции серых лесных почв. Почвенный покров заповедника характеризуется большим разнообразием автоморфных почв [Бобровский, 2010]. Наиболее широко распространены на песчаных почвообразующих породах дерновые альфегумусовые, а на суглинистых – дерново-подзолистые и серые почвы. Темногумусовые почвы занимают сравнительно небольшие площади внутри ареалов дерново-подзолистых и серых (редко темно-серых) почв. В основном они приурочены к участкам с расчлененным мезорельефом на территории Южного участка заповедника, где могут быть встречены как на плакорных участках, так и на склонах.

Исследования проводили на плакорном участке старовозрастной дубравы, являющейся фрагментом некогда сплошного широколиственного массива Козельской Дубенской засеки – части Заокской засечной черты, представлявшей линию обороны Московского государства в XVI–XVIII вв. [Яковлев, 1916; Бобровский, 2002]. В составе древесного яруса преобладают широколиственные виды *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Acer platanoides* и *A. campestre*, встречаются *Populus tremula*, *Betula verrucosa*. Возраст отдельных дубов превышает 300 лет, максимальный возраст других широколиственных видов – более 150 лет. В кустарниковом ярусе доминирует

Corylus avellana; кроме подроста широколиственных деревьев встречаются *Euonymus europaea*, *E. verrucosa*, *Lonicera xylosteum*, *Padus avium*. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют неморальные виды: *Aegopodium podagraria*, *Asarum europaeum*, *Galeobdolon luteum*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum* и др.; заметно участие *Lunaria rediviva*, *Matteucha struteopteris*. Хорошо представлена флора эфемероидов (*Allium ussimum*, *Corydalis marschalliana*, *C. solida*, *Anemonoides ranunculoides* и др.) [Бобровский, Ханина, 2000].

В 2011 и 2014 гг. на исследуемом участке с целью реконструкции истории экосистем были описаны три траншеи длиной от 2,5 до 6,5 м, проведен детальный морфологический (морфогенетический) анализ профилей. В 2014 и 2016 гг. отобрано 15 образцов для определения возраста органического вещества и физико-химических свойств почв. Радиоуглеродное датирование выполнено в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси (IGSB), физико-химические анализы – в Центре коллективного пользования Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пушино). Окраску по системе Манселла определяли на спектрофотометре X-Rite VS450. Калибровка радиоуглеродных дат проведена при помощи калибровочной кривой IntCal13 [Reimer et al., 2013].

Результаты исследований и их обсуждение. Профили почв во всех траншеях в общем виде имеют строение AU – С. Гумусовый горизонт фоновых почв на исследованном участке можно разделить на два подгоризонта по изменению структуры: в AU1 она мелкокомковато-комковатая с копрогенными агрегатами, в AU2 многопорядковая, призмовидные отдельности размером 2х3 см распадаются на угловато-ореховатые агрегаты с неровными гранями. Гор. AU имеет темно-серую до черной окраску с коричневым или буроватым оттенком; цвет гор. AU1 по системе Манселла – 9.9YR 3.4/1.4, а AU2 – 9.8YR 3.6/1.6, что позволяет относить этот горизонт к темногумусовому [Полевой определитель ..., 2008]. Содержание Сорг. на глубине 0–10 см составляет от 4,4 до 8%, глубже его содержание в гор. AU варьирует от 1 до 3%. Гор. AU характеризуется нейтральной или слабокислой реакцией: рНводн. от 6 до 7, преобладают значения между 6,5 и 7. Сумма обменных оснований варьирует от 26 до 60 мг-экв/100. В пределах изученной толщи (250 см) карбонаты в профилях не обнаружены. Таким образом, описанные почвы по большинству параметров соответствуют центральному образу темногумусовых почв [Классификация и диагностика ..., 2004].

Мощность гор. AU в исследованных почвах составляет от 40–50 до 130 см (рис. 1). Нижняя поверхность гор. AU имеет форму чаш или котлов, наклонных слоев или комплексов пятен (комков). Часто по границе горизонтов AU и С встречается материал [AU+C], представляющий результат механического перемешивания горизонтов А и С, иног-

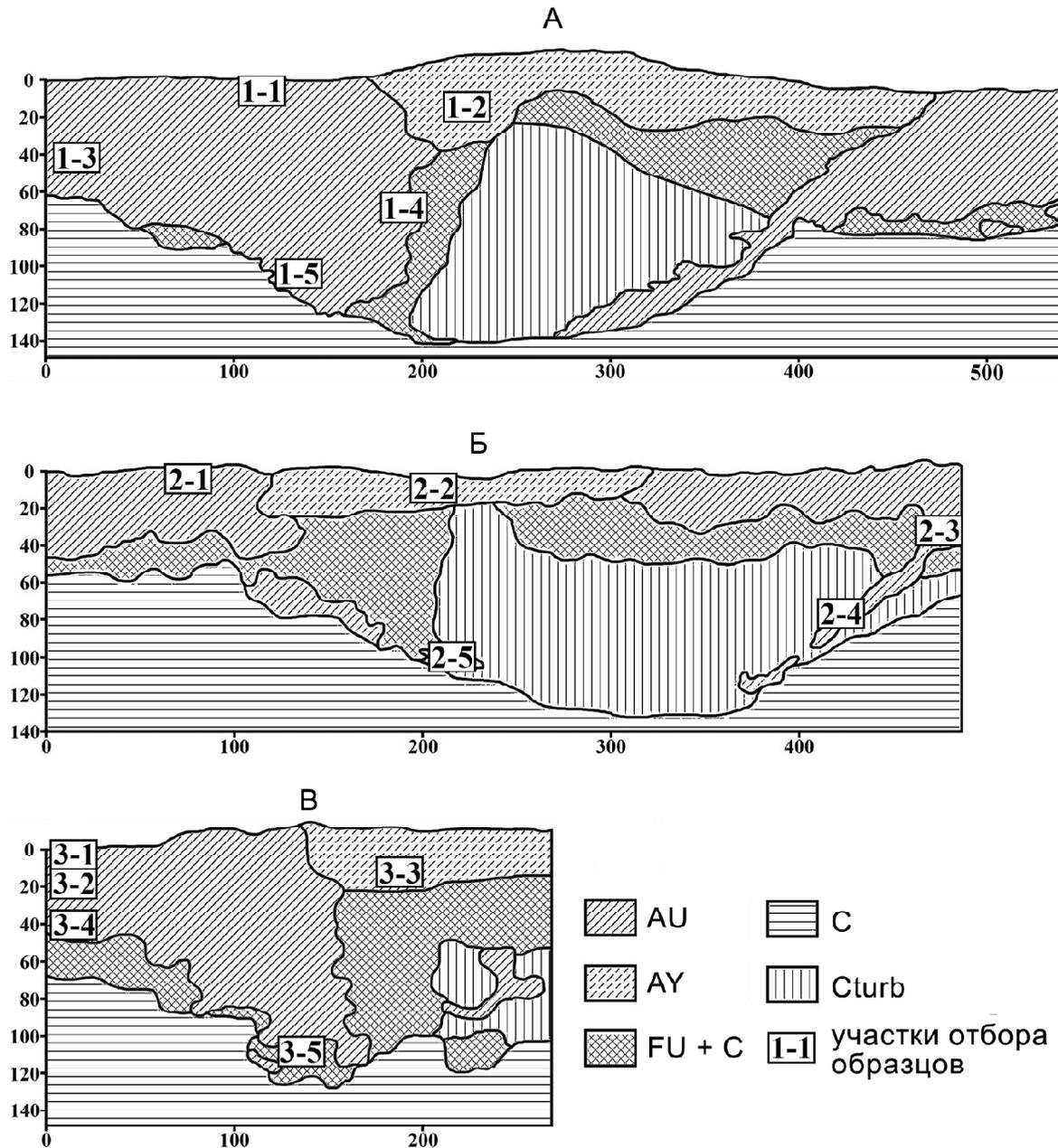


Рис. 1. Схемы строения профилей темногумусовых почв Калужских засек в траншеях А – № 1, Б – № 2, В – № 3. Обозначения горизонтов см. в тексте. Номера образцов на рисунке соответствуют табл.

Fig. 1. The profiles of dark-humus soils (Haplic Phaeozems) of the Kaluzskie Zaseki Nature Reserve: A – trench № 1, Б – trench № 2, В – trench № 3. The indices of horizons – see in the text. Sample numbers in the figure correspond to Table

да осложненный другими процессами (прежде всего, локальным оглеением). В результате элементарные почвенные ареалы этих почв состоят из двух типов педонов: (1) «типичные», в пределах которых гор. AU имеет глубину до 40–60 см и (2) предельные, представляющие собой котлы или слои материала гор. AU на глубине до 120–130 см [Бобровский, 2010; Бобровский с соавт., 2012].

Формирование «типичных» педонов, включая глубину перемешивания почвы и итоговую мощность гор. AU, определяется, прежде всего, трофической и локомоторной деятельностью дождевых червей. Наиболее активное перемешивание почвенной мас-

сы происходит на глубину до 60 см [Bastardie et al., 2005], что соответствует фоновым мощностям гор. AU в изученных темногумусовых почвах. Важно отметить, что население дождевых червей в темногумусовых почвах на исследованном участке «Калужских засек» характеризуется высокими значениями численности и биомассы (до 1000 кг/га) [Shashkov, 2014]. В пределах этой глубины также фиксируются нижние границы западин более мелких ветровалов.

Формирование более мощного гумусового профиля в виде котлов или слоев материала гор. AU на глубинах до 120–130 см может быть объяснено

особенностями перемещения материала почвы при образовании провернутых вывалов деревьев (рис. 2). Вывалы, или ветровальные почвенные комплексы, являются обычным результатом смерти деревьев, естественной или катастрофической [Скворцова с соавт., 1983]. Существует множество обзоров роли ветровалов в изменении профиля и формировании почв [Скворцова с соавт., 1983; Schaetzl et al., 1989a; Васенев, Таргульян, 1995; Samonil et al., 2010], предложено несколько классификаций строения вывалов в зависимости от особенностей перемещения почвы при их образовании [Дмитриев с соавт., 1978; Beatty, Stone, 1986; Скворцова с соавт., 1983; Schaetzl et al., 1989b; Allen, 1992; Langohr 1993; Пономаренко, 1999; и др.]. Большинство авторов различают два основных типа вывалов, названные Е.В. Пономаренко «непровернутым» («типичный» [Дмитриев с соавт., 1978]) и «провернутым». При непровернутом вывале падающее дерево поворачивается относительно точки, которая становится основанием вывального бугра, часть корней сохраняет контакт с почвой. При провернутом вывале все корни обрываются, происходит смещение кома обратно в западину (рис. 2, А).

При провернутых вывалах западина обычно имеет форму полусферы или параллелепипеда, бугор вывала находится внутри западины. При продвижении почвенного кома к центру или к задней части западины весь материал подстилки и верхнего слоя почвы с передней части кома ссыпается в переднюю часть западины [Langohr, 1993; Пономаренко, 1999]. При перемещении материала с прилегающих ненарушенных участков почвы образуется гумусовый слой, выстилающий заднюю и боковые части западины. В дальнейшем он перекрывается материалом задней части бугра (рис. 2, Б). Вынесенный на поверхность материал гор. С изменяется в ходе почвообразования; здесь формируется новый гумусовый горизонт, имеющий окраску по системе Манселла 9.7YR 5.3/2.2 (гор. АУ на рис. 2, Б).

Морфологический анализ показал, что во всех изученных профилях наблюдаются структуры, со-

ответствующие описанным выше (рис. 1). Траншея 1 (рис. 1, А) выполнена по оси падения дерева, в ней наблюдается наиболее полное соответствие строению почвы, представленному на рис. 2, Б. Возраст материала, отсыпанного из верхнего слоя почвы в западину (образец № 1–5 на рис. 1 и в табл.), моложе возраста материала почвенного кома, повернутого и перемещенного в центральную часть западины (№ 1–4), что согласуется с эмпирическими данными о механизмах перемещения и отсыпки материала почвы при провернутых вывалах.

Траншея 3 (рис. 1, В) также проходит по направлению падения дерева, но не по центру западины. Материал образца № 3–5 по расположению примерно соответствует образцу № 1–5. Строение профиля почвы в траншее 2 (рис. 1, Б) кажется похожим на профиль траншеи 1 (рис. 1, А), однако в действительности траншея пересекает задние части западин двух вывалов; направление падения обоих деревьев – от наблюдателя, оси падения стволов пересекаются. Участки, из которых отобраны образцы № 2–4 и № 2–5 в траншее 2 соответствуют языку материала АУ (на рис. 2, А справа).

Особый интерес представляет время формирования различных структурных элементов исследованных профилей. Поскольку эти почвы не содержат включений углей или погребенного органического материала, единственным подходом к определению их возраста является определение возраста гумуса. При этом данные о возрасте достаточно сложны для интерпретации; для дневных почв полученные даты обычно означают минимально возможный возраст органического вещества. Возраст гумуса в дневных почвах рассматривают также как его удельную активность, предполагая, что в горизонтах, пришедших в квазиравновесное состояние, эта активность не меняется с течением времени и показывает длительность цикла полной оборачиваемости углерода гумуса [Чичагова, 1985; Марголина с соавт., 1988].

Результаты определения возраста органического вещества в описанных траншеях представлены в

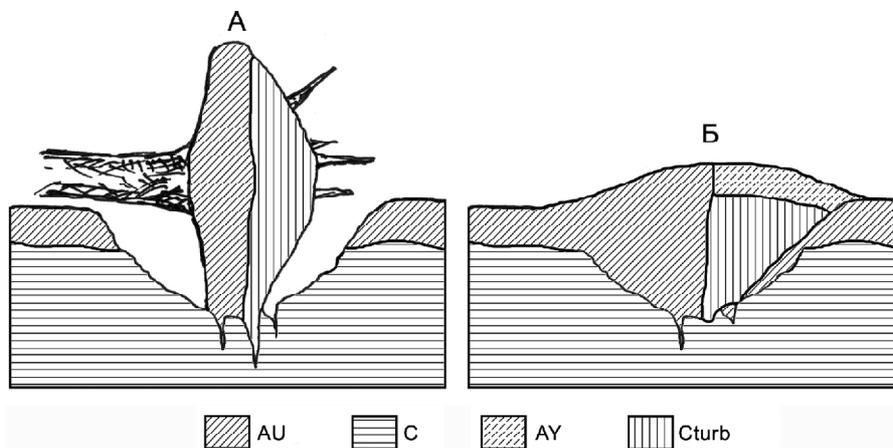


Рис. 2. Схема строения провернутого вывала после падения дерева (А) и после завершения перемещения материала почвы (Б)

Fig. 2. Rotational treefalls with uprooting: А – right after the tree fall and Б – after the relocation of soil material

Радиоуглеродный и калиброванный возраст образцов из темногумусовых почв «Калужских засек»

№ (разрез-образец)	Лабораторный номер	Горизонт	Глубина, см	Радиоуглеродная дата, л. н.	Калиброванная дата, л. н.
1-1	IGSB-1725	AU, фон	0-5	225±70	230±150
1-2	IGSB-1724	AУ, над Стурб.	5-10	1240±80	1160±90
1-3	IGSB-1613	AU, фон	35-47	5150±130	5930±170
1-4	IGSB-1614	AU, западина	55-75	6400±120	7310±110
1-5	IGSB-1615	AU, западина	90-105	3900±90	4320±130
2-1	IGSB-1723	AU, фон	0-5	775±70	730±50
2-2	IGSB-1722	AU, над Стурб.	0-5	725±70	660±70
2-3	IGSB-1616	AU, фон	30-40	5250±90	6050±110
2-4	IGSB-1617	AU, западина	60-80	7340±140	8170±140
2-5	IGSB-1618	AU, западина	88-102	6820±130	7700±120
3-1	IGSB-1619	AU, фон	0-8	1140±85	1080±100
3-2	IGSB-1620	AU, фон	10-20	460±90	470±100
3-3	IGSB-1622	AУ, над Стурб.	10-20	2620±70	2690±110
3-4	IGSB-1621	AU, фон	33-45	5580±130	6390±140
3-5	IGSB-1623	AU, западина	110-130	6540±150	7430±130

табл. Калиброванные даты для образцов из верхнего слоя (0–20 см) исследованных почв варьируют от 230±150 до 2690±110 л. н. (лет назад). Для сравнения, возраст гумуса верхних горизонтов серых почв 400–2000 лет [Александровский, Александровская, 2005; Гоняный с соавт., 2007], черноземов лесостепи – до 2000 лет, в основном около 1000 лет [Марголина с соавт., 1988; Александровский, Александровская, 2005].

Возраст гумуса в нижней части «типичного» гор. AU и в западинах вывалов (табл.) заметно больше, чем в верхних горизонтах. Возраст гумуса в нижней части гор. AU составляет около 6000 кал. л. н. (календарных лет назад), что примерно соответствует ^{14}C возрасту нижней части гумусового горизонта большинства черноземов (6000–5000 л. н.) [Чичагова, 1985; Александровский, Чичагова, 1998; Чичагова с соавт., 2008], а также возрасту вторых гумусовых горизонтов дерново-подзолистых и серых почв [Караваева с со-

авт., 1986; Величко с соавт., 1997; Чичагова, 1985; Александровский, Александровская 2005; и др.]. Возраст гумуса в западинах вывалов – от 4320±130 до 8170±140 кал. л. н. В большинстве случаев он старше гумуса в нижней части «типичного» гор. AU, что, вероятно, связано с большей скоростью обновления гумуса на глубине до 40–60 см вследствие роющей активности дождевых червей.

Для понимания как генезиса почв, так и истории экосистем в целом, важно определить время образования вывалов и формирования соответствующих почвенных структур. К сожалению, при отсутствии надежных датирующих артефактов невозможно точно установить возраст вывалов, образовавших глубокие западины. Однако можно оценить последовательность произошедших событий и минимальную давность этих вывалов. Согласно данным Е.В. Пономаренко [1999], в результате перемещения гумусированного материала в западины многократные педотурбации постепенно увеличивают

мощность гумусового горизонта. В результате длительно развивавшиеся лесные почвы характеризуются наличием мощного гумусового горизонта в пределах корнеобитаемого слоя деревьев. В темногумусовых почвах «Калужских засек» такому критерию соответствуют «типичные» почвы, пройденные вывалами мощностью до 50–70 см. Глубокие провернутые вывалы мощностью 70–150 см приводили к увеличению мощности гумусового горизонта (местами до 130 см) за счет отсыпки материала гор. А в западину и, вместе с тем, к локальному разрыву гумусового горизонта в результате выноса на поверхность материала гор. С (при повороте почвенного кома вывалом). При этом такие вывалы не успели перемешать всю толщу почвы. Минимальный возраст вывалов может быть примерно оценен (1) по соотношению возраста гумуса в западинах и «типичных» педонах, (2) по возрасту гумуса, сформированному на материале Стурб., перемещенному к дневной поверхности.

На момент перемещения гумуса в западину вывала его возраст не может быть старше, чем нижней части гор. АУ. В глубоких западинах создаются условия для «погребения» гумусового материала, его частичной изоляции (особенно в случаях, когда гумус в западине перекрыт материалом Стурб.). Поэтому подобно тому как можно устанавливать примерную скорость оборота гумуса в почвах при сравнении возраста гумуса дневных и погребенных почв [Александровский, Чичагова, 1998], разница возраста «погребенного» в западинах гумуса и гумуса «типичных» педонов примерно показывает минимальную давность ветровала. В траншее 1 разница между возрастом наиболее старого гумуса в западине и возрастом гумуса в нижней части «типичного» гор. АУ составляет около 1380 лет, в траншее 2 – примерно 1640 и 2110 лет, в траншее 3 – около 1040 лет.

В пользу не слишком большой давности образования глубоких вывалов говорят относительно малые мощности гумусовых горизонтов, сформированных на вынесенном на поверхность в результате турбации материале гор. С (рис. 1). Характеристики этих горизонтов в изученных почвах сильно варьируют: тип гумусового горизонта от серогумусового до темногумусового, мощность от 20 до 30 см. Возраст гумуса горизонтов, сформированных над Стурб., составляет 660 ± 70 , 1160 ± 90 и 2690 ± 110 кал. л. (табл.). Эти даты сопоставимы с приведенными выше возможными минимальными возрастными ветровалов. Следовательно, представляется наиболее вероятным, что глубокие вывалы в темногумусовых почвах на исследованном участке происходили в течение позднего голоцена.

Увеличение мощности вывалов в некоторый период времени могло быть связано с увеличением глубины распространения корневых систем деревьев, которая зависит, кроме прочего, от влажности почвы. Известно, что в более влажных условиях все деревья обычно формируют поверхностные корневые системы [Скворцова с соавт., 1983; Пономарен-

ко, 1999]. Уменьшение степени увлажнения почв могло быть как следствием общей аридизации климата региона, так и понижением базиса эрозии вследствие развития овражно-балочной сети (напомним, что для участка исследования характерен сильно расчлененный рельеф). В пользу последнего предположения говорят особенности строения трещинной сети в гор. С (ВС), представленной полыми трещинами с железистыми ореолами. Мы предполагаем, что эти трещины сформировались в тот период, когда исследуемая территория была значительно слабее расчленена овражной сетью, уровень грунтовых вод был намного выше, что определяло постоянно высокую влажность почвенной толщи. В таких условиях в нижней части профиля (глубже 160 см) формировался горизонт с признаками глея, вокруг трещин образовывались окислительные геохимические барьеры и накапливались гидроксиды и оксиды железа, формируя ожелезненные ореолы. При формировании и росте овражной сети уровень грунтовых вод понизился, произошла окислительная редукция глеевого горизонта и перестройка трещинной сети.

Таким образом, строение профилей исследованных темногумусовых почв позволяет предположить их моногенетичность, если рассматривать почвы как часть биогеоценоза, а вывалы как эндогенный фактор развития почв. Полученные результаты свидетельствуют о вероятной непрерывности формирования этих почв под лесом в течение не менее 8000 лет и о периодическом участии мощных вывалов деревьев в формировании профилей. В траншеях встречены и следы менее глубоких вывалов (глубиной до 60 см). Одновременно с присутствием во всех профилях признаков долговременного развития почв под лесом, в них отсутствуют признаки «степного» почвообразования, такие как следы деятельности степных землероев и характерная зоогенная перерывность. Карбонаты до глубин более двух метров не обнаружены.

Возможность длительного существования лесной территории и отсутствия на участке в прошлом степной растительности показывают реконструкции динамики растительности в голоцене для участков, расположенных менее чем в 50 км от места исследования. Реконструкции были выполнены Е.Ю. Новенко с соавторами по результатам спорово-пыльцевого анализа для болота Клюква вблизи г. Белев (Тульская обл.) [Novenko et al., 2015], болот на территории национального парка «Орловское Полесье» и у с. Селихово Орловской обл. [Novenko et al., 2016]. Результаты анализа показали, что в среднем и позднем голоцене в спорово-пыльцевых спектрах всех изученных разрезов преобладала пыльца древесных растений.

Для голоценового педогенеза на юге лесной зоны Восточно-Европейской равнины обычно выделяют две основных стадии: черноземную «степную» (ранний и средний голоцен) и подзолистую «лесную» (поздний голоцен) [Александровский, Чичагова, 1998; Александровский, Александровская, 2005;

и др.]. Вторую фазу обычно связывают с похолоданием климата и наступлением леса на степь, а ее длительность оценивают в 2,5–3,5 тыс. лет. На территории «Калужских засек» сохранились ареалы почв, в которых признаки столь кардинального изменения основного почвообразовательного процесса в этот период отсутствуют. При этом результаты изучения темногомусовых лесных почв «Калужских засек» показывают, что связь темногомусового почвообразования с условиями развития под травянистыми (степными) сообществами не является обязательной.

Выводы:

– гумусовые профили изученных почв «Калужских засек» являются наиболее мощными на Восточно-Европейской равнине среди ранее описанных бескарбонатных почв с темногомусовым горизонтом АУ. В них можно выделить два основных морфологических варианта педонов: (1) «типичный»

гор. АУ глубиной до 40–60 см и (2) западины ветровалов с материалом гор. АУ глубиной до 120–130 см; – возраст темногомусовых почв «Калужских засек» в целом соответствует возрасту других дневных почв в лесостепной зоне Восточно-Европейской равнины. Возраст гумуса закономерно увеличивается вниз по профилю: от сотен и первых тысяч лет в верхнем слое к 6000 лет в нижней части гор. АУ и 7000–8000 лет в глубоких западинах. Инверсии дат в средней части профиля объясняются перемещением материала при вывалах деревьев;

– изученные почвы «Калужских засек» представляют пример длительного лесного почвообразования, в результате которого сформирован мощный темногомусовый профиль. При этом в них отсутствуют признаки основных стадий голоценового почвообразования, традиционно выделяемых для почв лесостепи: черноземной «степной» и подзолистой «лесной».

Благодарности. Благодарим руководство заповедника «Калужские засеки» за предоставленную возможность проведения исследования и содействие в выполнении работы; Г.И. Истигечева за помощь в полевых исследованиях. Работа выполнена в рамках тем государственных заданий ТГУ и ИФХиБПП РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александровский А.Л., Александровская Е.И.* Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
- Александровский А.Л., Чичагова О.А.* Радиоуглеродный возраст палеопочв голоцена в лесостепи Восточной Европы // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1414–1422.
- Бобровский М.В.* Козельские засеки (эколого-исторический очерк). Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. 92 с.
- Бобровский М.В.* Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 359 с.
- Бобровский М.В., Лойко С.В., Истигечев Г.И., Крицков И.В.* Следы ветровалов в темногомусовых почвах заповедника «Калужские засеки» // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 4(20). С. 7–20.
- Бобровский М.В., Ханина Л.Г.* Заповедник «Калужские засеки» // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / Под ред. Л.Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. С. 104–124.
- Васенев И.И., Таргульян В.О.* Ветровал и таежное почвообразование (режимы, процессы, морфогенез почвенных сукцессий). М.: Наука, 1995. 247 с.
- Величко А.А., Зеликсон Э.М., Морозова Т.Д. и др.* Палеогеографические условия атлантического периода голоцена центра Русской равнины (по данным изучения ископаемых почв) // Докл. РАН. 1997. Т. 335. № 4. С. 540–543.
- Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность / Ред. О.В. Смирнова. Кн. 1. М.: Наука, 2004. 428 с.
- Гонянный М.И., Александровский А.Л., Гласко М.П.* Северная лесостепь бассейна Верхнего Дона района Куликовской битвы. М.: Изд. ГИМ, 2007. 208 с.
- Государственная геологическая карта. Четвертичные образования. Лист N-36-XXIV. Масштаб 1:200 000 / Ред. С.Л. Бреслав. 1961.
- Дмитриев Е.А., Карпачевский Л.О., Строганова М.Н., Шоба С.А.* О происхождении неоднородности почвенного покрова в лесных биогеоценозах // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978. С. 212–218.
- Караваева Н.А., Черкинский А.Е., Горячкин С.В.* Второй гумусовый горизонт и проблема эволюции подзолистых суглинистых почв Русской равнины // Эволюция и возраст почв СССР. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. С. 120–138.
- Комаров Н.Ф.* Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей. М.: Географгиз, 1951. 328 с.
- Курнаев С.Ф.* Теневые широколиственные леса Русской равнины и Урала. М.: Наука, 1980. 316 с.
- Марголина Н.Я., Александровский А.Л., Ильичев Б.А. и др.* Возраст и эволюция черноземов. М.: Наука, 1988. 144 с.
- Мильков Ф.Н.* Взаимоотношения леса и лесостепи и проблемы смещения ландшафтных зон на Русской равнине // Изв. Всесоюз. географ. о-ва. 1952. Т. 84. № 5. С. 431–447.
- Петров В.Г.* Геологическое строение и полезные ископаемые Калужской области. Калуга: ИД «Эйдос», 2003. 440 с.
- Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Пономаренко Е.В.* Методические подходы к анализу сукцессионных процессов в почвенном покрове // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / Под ред. О.В. Смирновой, Е.С. Шапошников. СПб.: Российское ботаническое общество, 1999. С. 34–57.
- Скворцова Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф.* Экологическая роль ветровалов. М.: Лесная промышленность, 1983. 192 с.
- Урусевская И.С., Алябина И.О., Винюкова В.П. и др.* Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000. Москва, 2013.
- Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С. и др.* Эволюция лесного почвообразования на юге лесостепи Среднерусской возвышенности в позднем голоцене // Почвоведение. 2017. № 1. С. 3–16.
- Чичагова О.А.* Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М.: Наука, 1985. 158 с.
- Чичагова О.А., Хохлова О.С., Зазовская Э.П., Горячкин С.В.* Радиоуглеродный анализ и проблемы памяти почв // Память почв. Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / Ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М.: ЛКИ, 2008. С. 182–203.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

Яковлев А.И. Засечная черта Московского Государства в XVII веке. М.: Тип. Г. Лиснера и Д. Собко, 1916. 312 с.

Ahti T., Hamet-Ahti L., Jalas J. Vegetation zones and their sections in northern Europe // *Ann. Bot. Fenn.* 1968. № 5. P. 169–211.

Allen J.R.L. Trees and their response to wind: mid Flandrian strong winds, Severn Estuary and inner Bristol Channel, southwest Britain // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences.* 1992. V. 338. № 1286. P. 335–364.

Bastardie F., Capowiez Y., Cluzeau D. 3D characterisation of earthworm burrow systems in natural soil cores collected from a 12-year-old pasture // *Applied Soil Ecology.* 2005. V. 30. № 1. P. 34–46.

Beatty S.W., Stone E.L. The variety of soil microsites created by tree falls // *Agron. Pap.* 1986. V. 16. № 3. P. 539–548.

Bobrovsky M., Loyko S. Patterns of pedoturbation by tree uprooting in forest soils // *Russian Journal of Ecosystem Ecology.* 2016. V. 1. № 1. P. 1–22.

Langohr R. Types of tree windthrow, their impact on the environment and their importance for the understanding of archaeological data // *Helinium.* 1993. V. XXXIII. № 1. P. 36–49.

Novenko E., Tsyganov A., Rudenko O. et al. Mid- and late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the western Mid-Russian Upland: new data and a regional synthesis // *Biodiversity and Conservation.* 2016. V. 25. № 12. P. 2453–2472.

Novenko E.Y., Tsyganov A.N., Volkova E.M. et al. The Holocene paleoenvironmental history of central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil, and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region // *Quaternary Research.* 2015. V. 83. № 3. P. 459–468.

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP // *Radiocarbon.* 2013. V. 55. P. 1869–1887.

Sámonil P., Král K., Hort L. The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review // *Geoderma.* 2010. V. 157. № 3. P. 65–79.

Schaetzl R.J., Burns S.F., Jonson D.L., Small T.W. Tree uprooting: review of impact on forest ecology // *Vegetation.* 1989a. V. 79. № 3. P. 165–176.

Schaetzl R.J., Jonson D.L., Burns S.F., Small T.W. Tree uprooting: review of terminology, process, and environmental implication // *Canad. J. For. Res.* 1989b. V. 19. № 1. P. 1–11.

Shashkov M.P. Earthworm communities (Oligochaeta: Lumbricidae) in young and old-growth forests in the State Nature Reserve «Kaluzhskie Zaseki» (Kaluga Region, Russia) // *Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta). Proceedings of the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting (6th IOTM).* Palmeira de Faro, Portugal, 2014. P. 131–140.

Поступила в редакцию 26.03.2017

После доработки 01.03.2019

Принята к публикации 24.05.2019

M.V. Bobrovsky¹, S.V. Loiko²

FEATURES OF THE GENESIS AND THE AGE OF DARK-HUMUS SOILS (HAPLIC PHAEOZEMS) IN THE KALUZHSKIE ZASEKINATURE RESERVE

The morphological structure of dark-humus soils (Haplic Phaeozems) was studied in old-growth oak-dominated forests in the Southern area of the Kaluzhskie Zaseki Nature Reserve (the Kaluga region). Dark-humus soils are mainly confined to areas with ravine relief, both on the flat surfaces (placers) and on the slopes. They form small patches within vast areas of sod-podzolic and grey soils (Luvisols). The structure of three trenches from 2.5 to 5 meters long was analyzed and the radiocarbon age of 15 soil samples was determined.

Profiles of the studied dark-humus soils have the structure AU-C, where AU is a dark-humus horizon and C is a bedrock (clay loam). The proportion of organic carbon at the depth of 0–10 cm is from 4.4 to 8%, with depth its content in AU varies from 1 to 3%. Two main morphological levels can be distinguished in the profiles: (1) a background horizon up to 40–60 cm thick and (2) ancient pits (cauldrons) resulting from rotational treefalls up to 120–130 cm thick with the dark-humus material. Humus profiles of the studied soils in the Kaluzhskie Zaseki reserve are the deepest among the described noncarbonate soils with dark-humus horizons within the Russian Plain.

The age of dark humus soils in the Kaluzhskie Zaseki reserve in general corresponds to the age of other forest-steppe soils of the Russian Plain. The humus age in the upper part of the AU horizon varies from 230±150 to 2690±110 cal. years BP; in the lower part it is about 6000 cal. years BP. Age of humus in the ancient pits varies from 4320±130 to 8170±140 cal. years BP; in most cases it exceeds the age of humus in the lower part of the background AU horizon.

We assume that the initial depth of pits caused by treefalls did not exceed 60 cm; deeper pits (up to 150 cm deep) are younger. This hypothesis is supported by (i) the results of analysis of the structural features of the profiles including the crack network in the C (BC) horizon; (ii) the age of humus formed on the material of C_{turb} after treefalls and (iii) the difference in ages of humus «buried» in the pits and the «background» humus. The estimated age of treefalls ranges from 700 to 2700 cal. years BP (the late Holocene).

post-graduate The studied soils in the Kaluzhskie Zaseki reserve are the example of continuous formation of forest soils, with resulting deep dark-humus profile. At the same time, no traditional features

¹ Institute of Physico-Chemical and Biological Problems in Soil Science, RAS, Laboratory of Ecosystem Modeling, Leading Scientific Researcher, Associate Professor, D.Sc. in Biology. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, D.Sc. in Biology, e-mail: maxim.bobrovsky@gmail.com

² National Research Tomsk State University, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology, e-mail: s.loyko@yandex.ru

of the chernozem «steppe» and podzolic «forest» stages of soil formation during the Holocene were found in these soils.

Key words: soil formation, tree uprooting, soil morphology, radiocarbon age, oak-dominated forest

Acknowledgements. We express our gratitude to the management of the Kaluga Zaseki Nature Reserve for the opportunity to conduct research and the assistance in its implementation. We thank G.I. Istigechev for assistance in field research. The study was carried out within the framework of the state research themes of the TSU and ISSP RAS.

REFERENCES

- Ahti T., Hamet-Ahti L., Jalas J. Vegetation zones and their sections in northern Europe // *Ann. Bot. Fenn.* 1968. № 5. P. 169–211.
- Aleksandrovskii A.L., Aleksandrovskaja E.I. Evolyuciya pochv i geograficheskaya sreda [Evolution of soils and geographical environment]. Moscow: Nauka, 2005. 223 p. (In Russian)
- Aleksandrovskii A.L., Chichagova O.A. Radiouglerodniy vozrast paleopochv golocena v lesostepi Vostochnoy Evropy [Radiocarbon age of the Holocene paleosoils in the forest-steppe of Eastern Europe] // *Pochvovedenie.* 1998. № 12. P. 1414–1422. (In Russian)
- Allen J.R.L. Trees and their response to wind: mid Flandrian strong winds, Severn Estuary and inner Bristol Channel, southwest Britain // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences.* 1992. V. 338. № 1286. P. 335–364.
- Bastardie F., Capowiez Y., Cluzeau D. 3D characterisation of earthworm burrow systems in natural soil cores collected from a 12-year-old pasture // *Applied Soil Ecology.* 2005. V. 30. № 1. P. 34–46.
- Beatty S.W., Stone E.L. The variety of soil microsites created by tree falls // *Agron. PaP.* 1986. V. 16. № 3. P. 539–548.
- Bobrovsky M., Loyko S. Patterns of pedoturbation by tree uprooting in forest soils // *Russian Journal of Ecosystem Ecology.* 2016. V. 1. № 1. P. 1–22.
- Bobrovsky M.V. Kozelskie zaseki (ekologo-istoricheskiy ocherk) [Kozelsky zaseki (ecological and historical essay)]. Kaluga: Izd-vo N. Ershovoy, 2002. 92 p. (In Russian)
- Bobrovsky M.V. Lesnye pochvy Evropeyskoy Rossii: bioticheskie i antropogennyye factory formirovaniya [Forest soils of European Russia: biotic and anthropogenic factors of formation]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. 359 p. (In Russian)
- Bobrovsky M.V., Khanina L.G. Zapovednik «Kaluzhskie zaseki» [The Kaluzhskie Zaseki Nature Reserve] // *Otsenka i sokhraneniye bioraznoobraziya lesnogo pokrova v zapovednikakh Evropeyskoy Rossii.* Moscow: Nauchnyi Mir, 2000. P. 104–124. (In Russian)
- Bobrovsky M.V., Loyko S.V., Istigechev G.I., Krickov I.V. Sledy vetrovalov v temnogumusovykh pochvakh zapovednika 'Kaluzhskie zaseki' [Traces of windfall pedoturbations in the dark-humus (Haplic Phaeozem) soil of the Kaluzhskie Zaseki Nature Reserve] // *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta.* 2012. № 4(20). P. 7–20. (In Russian)
- Chendev O.A., Aleksandrovskii A.L., Khokhlova O.S. et al. Evolyuciya lesnogo pochvoobrazovaniya na yuge lesostepi Srednerusskoy vozvysheynosti v pozdnem golocene [Evolution of forest soil formation in the southern forest-steppe of the Central Russian Upland in the late Holocene] // *Pochvovedenie.* 2017. № 1. P. 3–16. (In Russian)
- Chichagova O.A. Radiouglerodnoye datirovaniye vozrasta pochv [Radiocarbon dating of soil humus]. Moscow: Nauka, 1985. 158 p. (In Russian)
- Chichagova O.A., Khokhlova O.S., Zazovskaya E.P., Goryachkin S.V. Radiouglerodniy analiz i problemy datirovaniya pamyati pochv [Radiocarbon analysis and soil memory dating problems] // *Pamyat pochv.* Moscow: LKI, 2008. P. 182–203. (In Russian)
- Dmitriev E.A., Karpachevskiy L.O., Srtoganova M.N., Shoba S.A. O proishozhdenii neodnorodnosti pochvennogo pokrova v lesnykh biogeocenozaх [The origin of heterogeneity of the soil cover in forest biogeocenoses] // *Problemy pochvovedeniya.* Moscow: Nauka, 1978. P. 212–218. (In Russian)
- Gonyaniy M.I., Aleksandrovskiy A.L., Glasko M.P. Severnaya lesostep basseyna verkhnego Dona raiona Kulikovskoy bitvy [Northern forest-steppe of the Upper Don River basin in the Kulikovo battle area]. Moscow: Izd. GIM, 2007. 208 p. (In Russian)
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta. Chetvertichnyye obrazovaniya [State geological map. Quaternary formations], List N-36-XXIV, Scale 1:200 000. S.L. Breslav (ed.). 1961. (In Russian)
- Karavaeva N.A., Cherkinskiy A.E., Goryachkin S.V. Vtoroy gumusoviy gorizont i problema evolyucii podzolistykh suglinistykh pochv Russkoy ravniny [The second humus horizon and the problem of the evolution of podzolic loamy soils of the Russian Plain] // *Evolyuciya i Vozrast Pochv SSSR.* Pushchino: ONTINCB AN SSSR, 1986. P. 120–138. (In Russian)
- Komarov N.F. Etapy i factory evolutsii rastitelnogo pokrova chernozemnykh stepey [Stages and factors of the evolution of vegetation cover in the chernozem steppes]. Moscow: Geografiz, 1951. 328 p. (In Russian)
- Kurnaev S.F. Tenevye shirokolistvennyye lesa Russkoy ravniny i Urals [Shady broad-leaved forests of the Russian Plain and the Urals]. Moscow: Izd-vo Nauka, 1980. 316 p. (In Russian)
- Langohr R. Types of tree windthrow, their impact on the environment and their importance for the understanding of archaeological data // *Helinium.* 1993. V. XXXIII. № 1. P. 36–49.
- Margolina N.Ya., Aleksandrovskii A.L., Ilychev B.A. et al. Vozrast i evolyuciya chernozemov [The age and evolution of chernozems]. Moscow: Nauka, 1988. 144 p. (In Russian)
- Milkov F.N. Vzaimootnosheniya lesa i lesostepi i problemy smeshcheniya landshaftnykh zon na Russkoy ravnine [Relationships between forest and forest-steppe and the problem of the shifting of landscape regions in the Russian Plain] // *Izvestiya Vsesojuznogo Geograficheskogo Obshchestva.* 1952. V. 84. № 5. P. 431–447. (In Russian)
- Novenko E., Tsyganov A., Rudenko O. et al. Mid- and Late-Holocene vegetation history, climate and human impact in the western Mid-Russian Upland: new data and a regional synthesis // *Biodiversity and Conservation.* 2016. V. 25. № 12. P. 2453–2472.
- Novenko E.Y., Tsyganov A.N., Volkova E.M. et al. The Holocene paleoenvironmental history of central European Russia reconstructed from pollen, plant macrofossil, and testate amoeba analyses of the Klukva peatland, Tula region // *Quaternary Research.* 2015. V. 83. № 3. P. 459–468.
- Petrov V.G. Geologicheskoye stroeniye i poleznyye iskopyayemye Kaluzhskoy oblasti [Geological structure and mineral resources of the Kaluga region]. Kaluga: ID «Eydos», 2003. 440 p. (In Russian)
- Polevoy opredelitel pochv [Field guide of soils]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 2008. 182 p. (In Russian)
- Ponomarenko E.V. Metodicheskie podkhody k analizu sukcesionnykh processov v pochvennom pokrove [Methodical approaches to the analysis of succession processes in the soil cover] // *Sukcessionnyye processy v zapovednikakh Rossii i problemy*

sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya. Sankt-Petersburg: Izd-vo Russkogo Botanicheskogo Obshchestva, 1999. P. 34–57. (In Russian)

Reimer P.J., Bard E., Bayliss A. et al. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP // Radiocarbon. 2013. V. 55. P. 1869–1887.

Samonil P., Kračl K., Hort L. The role of tree uprooting in soil formation: a critical literature review // Geoderma. 2010. V. 157. № 3. P. 65–79.

Schaetzl R.J., Burns S.F., Jonson D.L., Small T.W. Tree uprooting: review of impact on forest ecology // Vegetation. 1989a. V. 79. № 3. P. 165–176.

Schaetzl R.J., Jonson D.L., Burns S.F., Small T.W. Tree uprooting: review of terminology, process, and environmental implication // Canad. J. For. Res. 1989b. V. 19. № 1. P. 1–11.

Shashkov M.P. Earthworm communities (Oligochaeta: Lumbricidae) in young and old-growth forests in the State Nature Reserve «Kaluzhskie Zaseki» (Kaluga Region, Russia) // Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta). Proceedings of the 6th International Oligochaete Taxonomy Meeting (6th IOTM). Palmeira de Faro, Portugal, 2014. P. 131–140.

Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils of Russia]. Smolensk: Oykumena, 2004. 341 P. (In Russian)

Skvortsova E.B., Ulanova N.G., Basevitch V.F. Ekologicheskoe znachenie vetrovalov [Ecological value of windfalls]. Moscow: Izd-vo Lesnaya promyshlennost, 1983. 192 p. (In Russian)

Urusevskaya I.S., Alyabina I.O., Vinyukova V.P. et al. Karta pochvenno-ekologicheskogo rayonirovaniya Rossiyskoy Federatsii [Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation]. Scale 1:2 500 000. Moscow, 2013. (In Russian)

Vasenev I.I., Targulyan V.O. Vetroval i tayezhnoye pochvoobrazovaniye (rezhimy, protsessy, morfogenez pochvennykh suksessiy) [Windfall and taiga soil formation (modes, processes, morphogenesis of soil successions)]. Moscow: Nauka, 1995. 247 p. (In Russian)

Velichko A.A., Zelikson E.M., Morozova T.D. et al. Paleogeograficheskie usloviya atlanticheskogo perioda golocena centra Russkoy ravniny (po dannym izucheniya iskopaemykh pochv) [Paleogeographic conditions of the Atlantic period of the Holocene in the Central Russian Plain (according to the study of fossil soils)] // Doklady RAN. 1997. V. 335. № 4. P. 540–543. (In Russian)

Vostochnoyevropeyskiye lesa. Istoriya v goltsene i sovremennost [Eastern European forests. History in the Holocene and modern times] / O.V. Smirnova (ed.). Moscow: Nauka, 2004. V. 1. 428 p. (In Russian)

Yakovlev A.I. Zasechnaya cherta Moskovskogo Gosudarstva v XVII veke [Zaseka line of the Moscow State in the XVII century]. Moscow: Tip. G. Lissnera i D. Sobko, 1916. 312 p. (In Russian)

Received 26.03.2017

Revised 01.03.2019

Accepted 24.05.2019

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 pix). 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). Фотографии должны быть 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

Плата за публикацию не взимается.

УЧРЕДИТЕЛИ:

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова;
географический факультет МГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

С.А. ДОБРОЛЮБОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН (главный редактор)
В.С. ТИКУНОВ, доктор географических наук, профессор (зам. главного редактора)
Е.А. ЕРЕМЕНКО, кандидат географических наук (ответственный секретарь)
А.И. АЛЕКСЕЕВ, доктор географических наук, профессор
С.И. БОЛЫСОВ, доктор географических наук, профессор
А.Н. ГЕННАДИЕВ, доктор географических наук, профессор
К.Н. ДЬЯКОНОВ, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН
С.С. ЗИЛИТИНКЕВИЧ, доктор географических наук, профессор (Метеорологический институт Финляндии)
О.Г. ЗОЛИНА, профессор (Университет Ж. Фурье, г. Гренобль, Франция)
В.Ю. ИВАНОВ, профессор (Мичиганский университет, США)
Н.С. КАСИМОВ, доктор географических наук, профессор, академик РАН
А.В. КИСЛОВ, доктор географических наук, профессор
В.А. КОЛОСОВ, доктор географических наук, профессор
К.П. КОЛТЕРМАНН, профессор
М. КОНЕЧНЫ, профессор (Университет г. Брно, Чешская Республика)
С.Б. КРООНЕНБЕРГ, профессор (Технологический университет г. Делфт, Нидерланды)
С.М. МАЛХАЗОВА, доктор географических наук, профессор
Г. МОУРИ, профессор (Университет г. Токио, Япония)
С.А. СОКРАТОВ, кандидат географических наук, PhD
П.Е. ТАРАСОВ, доктор наук, профессор (Берлинский Свободный университет, Германия)
Н.Л. ФРОЛОВА, доктор географических наук, профессор
В.Е. ШУВАЛОВ, кандидат географических наук, доцент
Т.А. ЯНИНА, доктор географических наук, профессор
В.В. ЯНКО-ХОМБАХ, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Институт прикладных исследований Авалон, г. Виннипег, Канада)

EDITORIAL BOARD:

S.A. DOBRULUBOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor (*Editor-in-chief*)
V.S. TIKUNOV, doctor of science, professor (*Deputy Editor-in-chief*)
E.A. EREMENKO, candidate of science (*Secretary-General*)
A.I. ALEKSEEV, doctor of science, professor
S.I. BOLYSOV, doctor of science, professor
K.N. D'YAKONOV, doctor of science, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, professor
N.L. FROLOVA, doctor of science, professor
A.N. GENNADIYEV, doctor of science, professor
V.YU. IVANOV, professor (Michigan University, USA)
N.S. KASIMOV, doctor of science, academician of the Russian Academy of Sciences, professor
A.V. KISLOV, doctor of science, professor
V.A. KOLOSOV, doctor of science, professor
K.P. KOLTERMANN, professor
M. KONECNÝ, professor (Masaryk University, Faculty of Science, Czech Republic)
S.B. KROONENBERG, professor (Delft University of Technology, Department of Applied Earth Sciences, Netherlands)
S.M. MALKHAZOVA, doctor of science, professor
G. MOURI, professor (University of Tokyo, Japan)
V.E. SHUVALOV, candidate of science, associate professor
S.A. SOKRATOV, candidate of science, PhD
P.E. TARASOV, professor (Free Berlin University, Germany)
T.A. YANINA, doctor of science, professor
V.V. YANKO-KHOMBACH, doctor of science, professor (Avalon Institute of Applied Sciences, Winnipeg, Canada)
S.S. ZILITINKEVICH, doctor of science, professor (Finnish Meteorological Institute, Finland)
O.G. ZOLINA, professor (Fourier University, Grenoble, France)

Номер подготовили члены редколлегии

В.А. КОЛОСОВ, С.А. СОКРАТОВ

Редактор **Т.С. Клювиткина**

Адрес редколлегии:

119992, Москва, Ленинские горы, МГУ,
географический факультет, комн. 2108а. Тел. 7(495) 939-29-23

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 1552 от 14 февраля 1991 г.

Подписано в печать 00.00.2016. Формат 60×90/8.

Гарнитура Times New Roman Суг. Бумага офсет. № 1. Офсетная печать. Усл. печ. л. 15
Уч.-изд. л. 00,0. Тираж экз. Изд. № 00000. Заказ №

Типография МГУ.

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 15.