

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск № 3, 2019 г.

Выходит 4 раза в год

	«Наука. Инновации. Технологии» Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета
Учредитель	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Главный редактор	д-р геогр. наук, профессор В. С. Белозеров
Редакционная коллегия	М.Т. Абшаев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик); А.А. Лиховид, д-р геогр. наук, профессор; В.С. Белозеров, д-р геогр. наук, профессор (главный редактор); Т.П. Бондарь, д-р мед. наук, профессор; В.Б. Бородулин, д-р мед. наук, профессор (Саратовский ГМУ Росздрав, г. Саратов); О.А. Бутова, д-р мед. наук, профессор; Т.И. Герасименко, д-р геогр. наук, профессор (Оренбургский гос. университет, г. Оренбург); В.А. Гридин, д-р геол.-минерал. наук, профессор; Л.И. Губарева, д-р биол. наук, профессор; Т.И. Джандарова, д-р биол. наук, доцент; Ю.И. Диканский, д-р физ.-мат. наук, профессор; Л.А. Диневич, д-р физ.-мат. наук, профессор (Тель-Авивский университет, г. Тель-Авив); К.В. Ерин, д-р физ.-мат. наук, профессор; А.И. Жакин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Юго-Западный гос. университет, г. Курск); А.Р. Закинян, канд. физ.-мат. наук, доцент; А.О. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор (Уральский федеральный университет им. Б. Ельцина); А.А. Коляда, д-р физ.-мат. наук, доцент (Белорусский гос. университет, г. Минск); С.А. Куникин канд. физ.-мат. наук, доцент; А.Д. Лодыгин, д-р техн. наук, доцент; А.В. Лысенко, д-р геогр. наук, доцент; И.Н. Молодикова, канд. геогр. наук (Центрально-Европейский университет, г. Будапешт); В.И. Наац, д-р физ.-мат. наук, профессор; Т.Г. Нефедова, д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); П.М. Полян, д-р геогр. наук, вед. науч. сотрудник РАН (ИГ РАН, г. Москва); В.В. Разумов, д-р геогр. наук, профессор; Л.Д. Тимченко, д-р ветеринар. наук, профессор; Л.Д. Цатурян, д-р мед. наук, профессор (Ставропольский гос. мед. университет, г. Ставрополь); Н.И. Червяков, д-р техн. наук, профессор; В.А. Шальнев, д-р геогр. наук, профессор; Н.А. Щитова, д-р геогр. наук, профессор; А.С. Молахосе-ини, канд. наук, доцент (Исламский университет Азад, Керман, Иран); Х.А.А. Кдаис, канд. техн. наук, профессор (Иорданский университет науки и технологии, Амман)
Свидетельство о регистрации	выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77–52723 от 8.02.2013
Подп. индекс	Объединенный каталог. ПРЕССА РОССИИ. Газеты и журналы: 94011
Журнал включен	в БД «Российский индекс научного цитирования». Журнал «Вестник Ставропольского государственного университета» перерегистрирован в журнал «Наука. Инновации. Технологии» в связи с переименованием учредителя.
Журнал	в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, с 1 декабря 2015 г.
Адрес Телефон Сайт E-mail	редакции и издателя: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1 (8652) 33–07–32 www.ncfu.ru nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758
©	ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 2019

	«Science. Innovations. Technologies» North Caucasus Federal University
Founder	Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «North Caucasus Federal University»
Editor in chief	V. S. Belozerov, Doctor of Geographical Sciences, professor
Editorial Board	M.T. Abshaev, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor (Mountain Geophysical Institute, Nalchik); A.A. Likhovid, Dr. of Geographical Sciences, professor; V.S. Belozerov, Dr. of Geographical Sciences, professor, editor in chief; T.P. Bondar', MD, professor; V.B. Borodulin, MD, Professor (Saratov State Medical University, Saratov); O.A. Butova, MD, professor; Gerasimenko T.I., Dr. of Geographical Sciences, Professor (Orenburg State University, Orenburg); Gridin V.A., Dr. of geological-mineralogical Sciences, Professor; L.I. Gubareva, Sc. D., Professor; T.I. Dzhandarova, Sc. D., Associate Professor; Y.I. Dikanskiy, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor; L.A. Dinevich, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Tel-Aviv University, Tel-Aviv); K.V. Erin, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, professor; A.I. Zhakin, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Southwest State University, Kursk); A.R. Zakinyan, candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor; A.O. Ivanov, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Yeltsin's Ural Federal University); A.A. Kolyada, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor (Belarusian State University, Minsk); S.A. Kunikin, Ph.D., Associate Professor; A.D. Lodygin, Dr. of Technical Sciences, associate professor; A.V. Lysenko, Dr. of Geographical Science, associate professor; I.N. Molodikova, Ph.D. (Central European University, Budapest); V.I. Naats, Dr. of Physical and Mathematical Sciences, Professor; T.G. Nefedova, Dr. of Geographical Sciences, Leading Researcher, Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow); P.M. Polyan, Dr. of Geographical Sciences, Leading Researcher, Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow); V.V. Razumov, Dr. of Geographical Sciences, Professor; L.D. Timchenko, Dr. of Veterinary Sciences, Professor; Tsaturyan L.D., MD, Professor (Stavropol State Med. University, Stavropol); N.I. Chervyakov, Dr. of Technical Sciences, professor; V.A. Shalnev, Dr. of Geographical Sciences, Professor; N.A. Shitova, Dr. of Geographical Sciences, Professor; A.S. Molahosseini, assistant professor, PH.D (Islamic Azad University, Kerman); H. Qdais, Ph.D in environmental engineering, professor (Jordan University of science and technology, Amman)
Certificate	ПИ № ФС77–52723 dated February 8th 2013.
The Index	The Journal is included in the DB «Russian index of the scientist quoting».
The journal	«Bulletin of the Stavropol state University» renamed in the journal «Science. Innovations. Technologies» due to renaming of the founder.
The journal	is recommended by the State Commission for Academic Degrees and Titles for publishing the dissertation research results
Adress Phone Site E-mail	355017 Stavropol, Pushkin street, 1 8 (8652) 33–07–32 www.ncfu.ru nit_ncfu@mail.ru
ISSN	2308–4758
©	FGAOU VO «North Caucasus Federal University», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 3, 2019

25.00.17 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

**Саранча А.В., Левитина Е.Е.,
Есиков С.Н.**

Применение различных технологий экс-
плуатации самопроизвольно останавливающихся газо-
вых скважин на месторождениях Крайнего Севера

Sarancha A.V., Levitina E.E., Esikov S.N.

The use of different technologies operate
spontaneously stopping gas wells on the fields of the far
north 8

**В.В. Качалов, В.Н. Сокотущенко,
Е.В. Земляная, А.В. Волохова**

Обзор методов повышения компоненто-
отдачи при разработках газоконденсатных месторожде-
ний

V. V. Kachalov, V.N. Sokotushchenko,
E.V. Zemlyanaya, A. V. Volokhova

Overview of the component enhancement
methods in development of the gas condensate fields 20

25.00.24 Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география

**Белозеров В.С., Гладилин А.В.,
Щитова Н.А., Черкасов А.А.**

Геоинформационно-картографическое
сопровождение миграционных и демографических ис-
следований: технологии, методы, базы данных

Belozarov V.S., Gladilin A.V., Shitova N.A., Cherkasov A.A. Geoinformation-cartographic support mi- gration and population studies: technology, methods, data- bases	50
--	----

Ивлиева О.В., Шмыткова А.В.

Территориальная организация турист- ской инфраструктуры на Юге России Ivlieva O.V., Shmytkova A.V. Territorial Organization of Tourist Infra- structure in the South of Russia	64
--	----

Рубанов И.Н., Нокелайнен Т.С.,

Калинкин И.В., Игонин А.И.,

Использование официальных статис- тических показателей для оценки степени устойчивости экономического развития регионов России Rubanov I.N., Nokelaynen T.S., Kalinkin I.V., Igonin A.I., Implementation of Official Statistics for As- sessment of Economic Sustainability of Russian Regions	78
--	----

**25.00.29 Физика атмосферы
и гидросферы**

Созаева Л. Т., Макитов В.С.

Влияние деформации растущих в элект- ромагнитном поле капель на их рассеивающие свойства Sozaeva L.T., Makitov V.S. Influence the deformation of the drops growing in the electromagnetic field on their scattering pro- perties.	96
--	----

25.00.35 Геоинформатика

Тикунов В.С., Чихарев И.А.,

Панин А.Н., Рыльский И.А.

Атласная информационная система «Геополитическая ситуация в большом средиземномо-	
--	--

рье: принципы создания и технология пространственно-
го анализа»

Tikonov V.S., Chiharev I.A.,

Panin A.N., Rilsky I.A.

Atlas Information System «Geopolitical

Situation in the Greater Mediterranean: Principles of Creation

and Technology of Spatial Analysis» 107

Игонин А.И., Тикунов В.С.

Математико-картографическое модели-
рование и картографирование демографической ситуации
в регионах Европы и России

Igonin A.I., Tikunov V.S.

Mathematical-Cartographic Modeling and

Cartography of Demographic Situation in the Regions of

Europe and Russia 115

25.00.17
УДК 622.279.51

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Саранча А.В.,
Левитина Е.Е.,
Есиков С.Н.

Тюменский
индустриальный университет
saranchaav@tyuiu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОПРОИЗВОЛЬНО ОСТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Введение.

Текущее состояние разработки сеноманских залежей месторождений ЯНАО, разрабатываемых уже более 30 лет, связано со значительным снижением пластового давления относительно первоначального, и как следствием снижением продуктивности добывающих скважин. В результате ухудшают условия выноса с забоя газовых скважин поступающей из пласта конденсирующейся воды. Накопление воды на забое скважин приводит к увеличению фильтрационных сопротивлений, дальнейшему снижению продуктивности и в итоге к самопроизвольной остановке скважин.

Материалы и методы исследований. Без проведения специальных мероприятий, направленных на поддержание режима эксплуатации таких скважин, дальнейшая добыча из них невозможна. На сегодняшний день на месторождениях ЯНАО прошли применение такие мероприятия как: периодическая продувка скважин в атмосферу; обработка забоя твердыми и жидкими поверхностно-активными веществами; замена лифтовых труб на меньший диаметр; применение плунжерного лифта (летающий клапан); циклическая закачка сухого газа в затрубное пространство; применение мобильных компрессорных установок и использование концентрического лифта.

Результаты исследований и их обсуждение. Важнейший недостаток технологии концентрического лифта (КЛК), когда применяются металлические трубы, заключается в необходимости глушения скважины и вытекающее негативное воздействие на призабойную зону пласта (ПЗП) технологической жидкостью, а также длительный простой со значительными капитальными издержками. В настоящее время в ОАО «Псковгеокабель» разработаны и изготовлены полимерная армированная труба и устройство для её спуска в скважину без глушения, которая спускается одним отрезком. Данный комплекс проходил апробацию на Уренгойском месторождении. Результаты ГДИ скважин показали, что после спуска КЛК коэффициент фильтрационного сопротивления ПЗП практически не изменился.

Выводы.

Наиболее перспективными технологиями по эксплуатации самопроизвольно останавливающихся газовых скважин являются: закачка ПАВ на забой, применение модульных компрессорных установок, позволяющих регулировать технологический режим работы скважин независимо от давления на входе в ДКС и применение концентрического лифта с армированными полимерными трубами без глушения скважины.

Ключевые слова:

газовые скважины, сеноманские залежи, дебит газа, удаление жидкости из скважин, самозадавливание скважин.

Sarancha A.V., Levitina E.E., Esikov S.N.

Tyumen Industrial University, saranchaav@tyuiu.ru

THE USE OF DIFFERENT TECHNOLOGIES OPERATE SPONTANEOUSLY STOPPING GAS WELLS ON THE FIELDS OF THE FAR NORTH

Introduction. The current state of the development of Cenomanian deposits is associated with a significant decrease in reservoir pressure relative to the original and as a result of a decrease in the productivity of producing wells. As a result, the conditions of removal from the bottom of wells coming from the formation and condensing water worsen. The accumulation of water leads to an increase in filtration resistance, a further decrease in productivity and, as a result, to the spontaneous shutdown of wells.

Materials and methods

of research. Without special geological and technical measures aimed at maintaining the operation of such wells, further operation is impossible. To date, the fields of Western Siberia have found the use of such measures as: periodic purging of wells with the release of gas into the atmosphere; treatment of well bottom solid and liquid surfactants; replacement of tubing for pipes of smaller diameter; the use of a plunger Elevator; cyclic injection of dry gas into the annular space; application of modular compressor units and use of concentric lift.

Results and Discussion. The most important drawback of the concentric lift technology, when metal pipes are used, is the need to kill the well and the resulting negative impact on the bottom-hole zone of the reservoir by the process fluid, as well as a long downtime of the well with significant capital costs. Currently JSC «PskovGeoKabel» designed and manufactured polymer reinforced pipe and device for its descent into the well without killing a single cut. The developed complex was tested at the Urengoy field. The results of gas-hydrodynamic studies of wells showed that after the descent of the concentric lift column, the coefficient of filtration resistance of the bottom-hole formation zone practically did not change.

Conclusion. The most promising technical solutions for the operation of spontaneously stopping gas wells are: injection of surfactants at the bottom, the use of modular compressor units that allow to regulate the technological mode of the wells regardless of the pressure at the entrance to the DKC and the use of a concentric Elevator with reinforced polymer pipes without killing the well.

Keywords: gas well, of the Cenomanian deposits, gas flow rate, the liquid removal from the wells self-tapping wells.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная добыча газа из сеноманских залежей в Ямало-Ненецком автономном округе вводится с 1972 года, когда в разработку было введено Медвежье месторождение. Далее в 1978 году вводится в разработку сеноманская залежь Уренгойского, а в 1986 году Ямбургского месторождения. Благодаря вводу этих трех гигантских месторождений в 1992 году добыча газа достигла 511 млрд м³, из которых 427 млрд м³ или 84 % приходилось на три вышеупомянутых месторождения (рис. 1).

В 2018 году отбор от начальных геологических запасов газа по сеноманским залежам Медвежьего, Ямбургского и Уренгойского месторождения превысила восьмидесятипроцентную отметку. Текущее состояние разработки вышеупомянутых объектов связано со значительным падением пластового давления относительно первоначального и как следствием снижением продуктивности добывающих скважин. Снижение пластового давления и дебита газа ухудшают условия выноса с забоя скважин поступающей из пласта конденсирующейся воды. Вследствие недостаточности скорости восходящего потока, капли воды стекают на забой скважины и накапливаются там, формируя противодавление на пласт. Накопление воды приводит к увеличению фильтрационных сопротивлений, дальнейшему снижению продуктивности и в итоге к самопроизвольной остановке скважин. Без проведения специальных мероприятий, направленных на поддержание режима работы таких скважин, дальнейшая эксплуатация невозможна.

На сегодняшний день применяются следующие мероприятия:

- периодическая продувка скважин с выпуском газа в атмосферу;
- обработка забоя скважин твердыми и жидкими поверхностно-активными веществами (ПАВ);
- замена насосно-компрессорных труб (НКТ) на трубы меньшего диаметра;
- применение плунжерного лифта;
- циклическая закачка сухого газа в затрубное пространство;
- применение модульных компрессорных установок.
- использование концентрического лифта;

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрим более подробно апробированные и перспективные решения позволяющие эксплуатировать скважины на завершающем этапе разработки сеноманских залежей Крайнего Севера, а также ограничения по их применению.

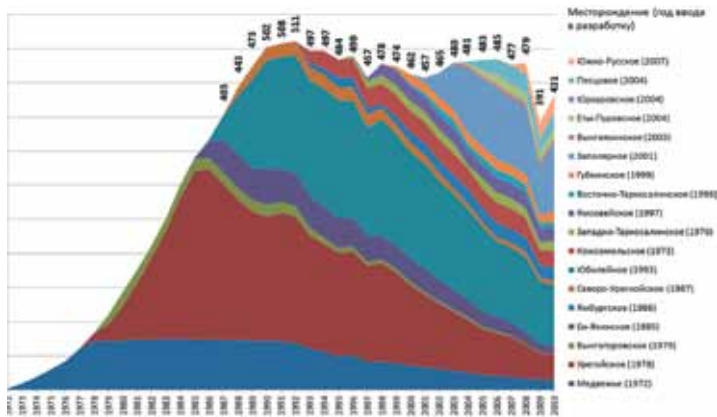


Рис 1. Динамика добычи газа по сеноманскому комплексу ЯНАО.
Fig. 1. Dynamics of gas production in the cenomanian complex YNAO.

Периодическая продувка скважин с выпуском газа в атмосферу

Наиболее простой технологией удаления жидкости из скважин являются технологические продувки, которые осуществляются через факельную линию, при этом давление на устье скважины уменьшается, а дебит и, соответственно скорость газа на забое и в лифтовой колонне возрастает. С увеличенным дебитом скважина должна работать минимум 30–50 мин. Периодичность проведения продувок зависит от интенсивности скопления жидкости на забое и в лифтовой колонне, по отдельным скважинам такие работы необходимо проводить раз в 3–4 суток [1]. Данное мероприятие с точки зрения экологии считается не приемлемым, а также связано с безвозвратными потерями газа в атмосферу.

Обработка эксплуатационных скважин составами ПАВ

На Медвежьем месторождении применяются три вида технологий удаления жидкости из скважины с применением ПАВ: обработка забоев скважин твердыми ПАВ, обработка призабойной зоны пласта (ПЗП) жидкими ПАВ и обработка ПЗП жидким ПАВ с последующей продавкой в пласт метанола. Во всех случаях ПАВ доставляют на забой скважины, где происходит вспенивание воды и последующее ее удаление.

Применение ПАВ имеет некоторые ограничения. Во-первых, во время применения ПАВ на скважине необходимо непосредственное присутствие

оператора, который должен иметь возможность беспрепятственного доступа к скважине (наличие дорог и т.п.). Во-вторых, установлено, что при скоростях газа в эксплуатационной колонне (ниже башмака НКТ) более 2 м/с происходит разрушение пенистой структуры, вследствие чего применение ПАВ становится бессмысленным. В-третьих, для создания условий барботажа жидкости необходим значительный интервал перфорации, при этом в скважине практически должен отсутствовать зумпф.

Замена НКТ на трубы меньшего диаметра

Замена труб лифтовой колонны на трубы меньшего диаметра проводится для создания условий выноса воды из лифтовых колонн. Отрицательным моментом является то, что замена НКТ всегда сопровождается снижением дебита скважин. Проводимые ранее анализы замены труб лифтовых колонн на трубы меньшего диаметра на сеноманских залежах месторождений ЯНАО показали относительную эффективность меры только на скважинах, работающих с дебитами газа, значительно меньшими критического – на 30÷80%. Поэтому основной задачей в процессе разработки должно является продление максимально возможного срока эксплуатации скважин по колоннам из труб большого диаметра. Минимальный дебит газа, обеспечивающий надежную эксплуатацию скважин с НКТ диаметрами 168, 114, 89, 73 мм составляет соответственно – 150, 70, 38, 28 тыс. м. куб/сут. [1].

Эксплуатация скважин с использованием плунжерного лифта

Установки плунжерного лифта могут быть непрерывного или периодического действия. Первые из них подразумевают постоянное перемещение плунжера в колонне НКТ, вторые – с остановками плунжера в лубрикаторе скважины. Управление установкой плунжерного лифта периодического действия осуществляется с помощью контроллера и клапана-отсекателя, что позволяет регулировать время выноса жидкости из скважины.

В газовых скважинах Медвежьего и Уренгойского месторождений была апробирована технология плунжерного лифта постоянного действия для лифтовой колонны диаметром 168 мм. На кустах скважин электричество отсутствует, поэтому была испытана технология постоянного действия с помощью специальной конструкции плунжера «летающий клапан». В скважину помещается плунжер, представляющий собой цилиндрический корпус и шар. Плунжер на забое соединяется с шаром и поднимает столб жидкости, находящийся над ним. На устье скважины жидкость попадает в шлейф. За счет верхнего ограничителя хода плунжера происходит разделение корпуса и шара, и они опять падают на нижний ограничитель. Соединившись, плунжер вместе с шаром поднимается к устью скважины. Цикл повторяется.

Применение технологии плунжерного лифта имеет некоторые ограничения:

- При скоростях газа менее 2 м/с, во время подъема плунжера велика вероятность, что на верхнем ограничителе не произойдет разделения шара с корпусом, что вызовет его заклинивание в верхней части скважины;
- Устойчивая работа плунжерного лифта на сегодняшний день возможна лишь в скважинах с углами наклона не более 30 градусов;
- Имеющиеся сужения в НКТ могут вызвать застревание плунжера, что вызовет необходимость проведения ремонтных работ на скважине.

Циклическая закачка сухого газа в затрубное пространство

Газ высокого давления с выхода ДКС через промысловый шлейф поступает в затрубное пространство скважины. В результате суммарный расход газа, поступающего на забой скважины из пласта и через затрубное пространство с устья, становится выше критического и происходит вынос жидкости из скважины. Высокий удельный расход газа, необходимость в предварительной его подготовке и компримировании, а также наличие системы дополнительных газлифтных трубопроводов, являются основными факторами ограничения применения газлифта на газовых скважинах.

Применение устьевых компрессорных установок

Для поддержания технологического режима работы скважин независимо от давления на входе в ДКС, перспективным решением являются модульные компрессорные установки (МКУ), которые позволяют поднять входные давления на ДКС и продлить тем самым работу промыслов в целом. В настоящее время МКУ прошли апробацию на Вынгапуровском месторождении и проектируются на многих газовых месторождения ЯНАО. Внедрение подобных установок с их размещением на кустовых площадках имеет ряд достоинств: удобство в техническом обслуживании; легкость в транспортировке; неприхотливость в отношении климатических условий работы; вариативность в выборе установок с необходимыми производительными характеристиками и элементами компоновок, исходя из условий работы.

Эксплуатация скважин с использованием концентрического лифта

Технология эксплуатации скважин по концентрическим лифтовым колоннам заключается в оборудовании скважины двумя размещенными одна в другой колоннами лифтовых труб. На забое газ, поступающий

из пласта в скважину, разделяется на два потока и поднимается до устья, где потоки газа объединяются и поступают в единый газосборный коллектор. На трубопроводе из межтрубного пространства устанавливается регулирующий клапан, его задача автоматически поддерживать в межтрубном пространстве значение дебита газа, превышающего на 10-20% минимальное значение дебита газа, необходимого для удаления жидкости с забоя по центральной лифтовой колонне.

Важнейший недостаток технологии концентрического лифта, когда применяются металлические трубы - это необходимость глушения скважины и вытекающее негативное воздействие на ПЗП технологической жидкостью, а также длительный простой скважины (от 1 до 3 месяцев) со значительными капитальными затратами (более 20 млн рублей). Последующий выход скважины на рабочий режим может растянуться на месяцы, не исключается невозможность достижения доремонтной продуктивности. Однако эффективность технологии концентрического лифта может быть значительно выше, если решить задачу реализации спуска дополнительной лифтовой колонны без проведения капитального ремонта и глушения. Повысить эффективность технологии позволяет применение цельных полимерных армированных труб, которые с помощью колтубинговых технологий спускаются в скважину одним отрезком без глушения. Это позволяет многократно снизить трудоемкость и стоимость работ, устранить необходимость в глушении и освоении скважины и как следствие, предотвратить негативное воздействие на окружающую среду.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Технология эксплуатации скважин по концентрическим лифтовым колоннам (КЛК), представляет собой процесс, в котором поступающий из продуктивного пласта газ на забое разделяется на два восходящих потока. Для этого в уже имеющуюся насосно-компрессорную трубу (НКТ) спускают еще одну лифтовую колонну меньшего диаметра. Таким образом, потоки поднимаются одновременно по межколонному пространству труб и по центральной колонне. После подъема газа к устью скважины, потоки соединяются и поступают в единый газосборный коллектор. Суть технологии заключается в том, что появляется возможность за счет уменьшения скорости восходящего потока по межколонному пространству, увеличить скорость потока в центральной лифтовой колонне. То есть когда скорость снижается и подходит к критическому значению, предшествующему процессу самопроизвольной остановки скважины по причине накопления воды, скорость в центральной колонне повышают до значения, предотвращающего это событие. Выполняет это действие автоматика.

Первые применения технологии концентрического лифта относятся еще к периодам с 60-х по 90-е годы на Северо-Ставропольском, Газлийском, Шебелинском и других газовых месторождениях, расположенных в средней полосе с умеренным климатом. Широко применяется технология на месторождениях Канады, где разработан управляющий комплекс «Smart-Skid». Этот комплекс позволяет: автоматизировано управлять процессом оптимизации режима работы газовой скважины; определять основные величины технологических параметров работы скважин; размещать средства считывания относительных параметров автоматики и телемеханики вблизи устья скважины и установки в составе обвязки газовых скважин. Технология прошла апробацию на двух скважинах Медвежьем месторождении в 2008 году.

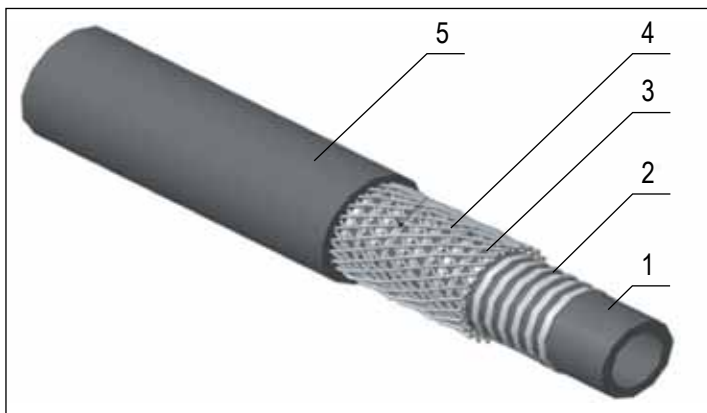
Конструктивные особенности скважин на Медвежьем месторождении, оборудованных по технологии концентрического лифта представляют собой следующее: скважины вертикальные, с эксплуатационной колонной 219 мм, лифтовой внешней 168 мм, дополнительно спущенной (центральной) 60 мм.

С 2012 года технология концентрического лифта используется на одной из скважин Ямбургского месторождения. Для регулирования и контроля режима работы скважины используется специальный комплекс «Вымпел». В отличие от оборудования, используемого на скважинах Медвежьего месторождения, в составе комплекса нет песчаных фильтров и отапливаемого блок-бокса. Все основные элементы: расходомеры, регулирующие клапана, контроллеры размещены в автономных утепленных боксах. В процессе опытной эксплуатации скважин по КЛК и оборудования управляющих комплексов на месторождениях наблюдались сложности, связанные с глушением скважин на период установки центральных колонн, засорение фильтрующих элементов песчаных фильтров из-за выноса большого количества песка и технического раствора.

В настоящее время эти недочеты решены и в течение последних нескольких лет сбоев в работе скважин и отказов оборудования не происходило. Чтобы исключить сложности в освоении обусловленные последствиями глушения скважин сеноманских залежей на период спуска центральной лифтовой колонны в настоящее время в ОАО «Псковгеокабель» разработаны и изготовлены труба и устройства для её спуска в скважину без глушения. Апробацию разработанный комплекс проходил на Уренгойском месторождении.

Особенностью реализации данной технологии на Уренгойском месторождении был спуск центральной лифтовой колонны в скважину без глушения единым отрезком. Обойти необходимости глушения скважины удалось с помощью применения подхода, аналогичного методу проведения ремонтов скважин колтюбинговыми технологиями с использованием гибкой трубы без соединительных муфт, которая спускается до забоя скважины единым отрезком. Также для спуска трубы ООО «Псковгеокабель» и ООО НИП «Дельта-Т» разработали и изготовили комплекс оборудования МКРС-20 для спуска

а)



б)

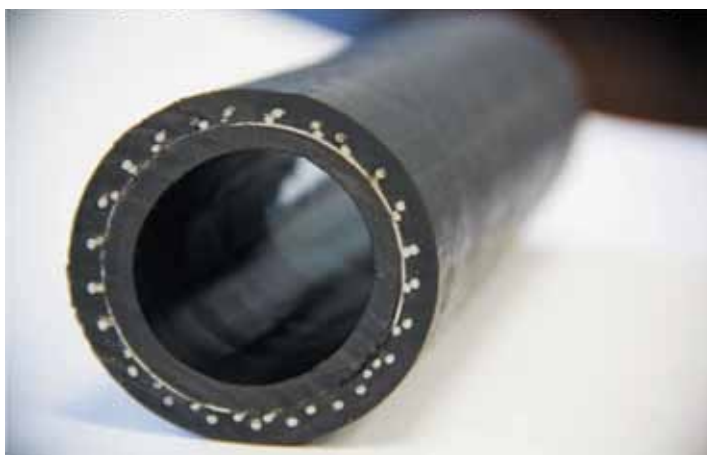


Рис 2.

Полимерная армированная труба ТГ19/73-10/10-75:

а) конструкция трубы;

б) фотография трубы: 1 – внутренняя полимерная труба, 2 – поперечное армирование, 3, 4 – поливы брони (левый, правый), 5 – наружная оболочка.

Fig. 2. Polymer reinforced pipe T G 19/73-10/10-75: a) pipe design; b) pipe photo: 1 – inner polymer pipe, 2 – transverse reinforcement, 3, 4 – armor watering (left, right), 5 – outer shell.

этой трубы, состоящий из следующих элементов: трубодержателя для КЛК; превентора; герметизатора; инжектора (податчика); вышки для монтажа инжектора; приемно-отдающего устройства; технологической штанги; гидро-станции с системой управления.

В декабре 2013 года скважина была запущена в опытно-промышленную эксплуатацию. Результаты газогидродинамических исследований скважин (ГДИС) показали, что коэффициент фильтрационного сопротивления

призабойной зоны пласта практически не изменился после спуска концентрической лифтовой колонны.

Результаты расчета скоростей восходящего потока на режимах ГДИС скважины, оборудованной концентрической лифтовой колонной, и оценочные расчеты скоростей при работе скважины по НКТ 168 мм или НКТ 114 мм показывают, что без оборудования КЛК устойчивая работа скважины в газосборный коллектор невозможна. При работе по НКТ 168 мм скорость газа позволяет выносить жидкость лишь на режиме с максимальной депрессией. Для лифтовой колонны диаметром 114 мм продуктивность скважины не обеспечивает устойчивый вынос жидкости из скважины на всех режимах. Уменьшение диаметра НКТ привело к снижению дебита скважины из-за увеличения гидравлического сопротивления в лифтовом подъемнике.

ВЫВОДЫ

Наиболее перспективными техническими решениями по эксплуатации скважин на завершающей стадии разработки являются закачка ПАВ на забой, применение модульных компрессорных установок, позволяющих регулировать технологический режим работы скважин независимо от давления на входе в ДКС и применение концентрического лифта с армированными полимерными трубами без глушения скважины. Внедрение технологии концентрического лифта обеспечивает стабильную работу скважины без технологических продувок и высокую работоспособность в широком диапазоне дебитов. Технологический комплекс контроля и управления работой скважины обеспечивает надежную эксплуатацию в условиях Крайнего Севера. Применение технологии эксплуатации скважин по концентрическим лифтовым колоннам перспективно на поздней и завершающей стадиях разработки газовых месторождений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колмаков А.В., Кротов П.С., Кононов А.В. Технологии разработки сеноманских залежей низконапорного газа // СПб.: Недра, 2012. 176 с.
2. Ли Джеймс, Никенс Генри, Уэллс Майкл Эксплуатация обводняющихся газовых скважин. Технологические решения по удалению жидкости из скважин // Перевод с английского. М.: Премимум Инжиниринг, 2008. 384 с., ил. (Промышленный инжиниринг).
3. Корякин А.Ю. Комплексные решения задач разработки и эксплуатации скважин Уренгойского добывающего комплекса // М., 2016. 272 с.
4. Точигин А.А. Одишария Г.Э. Прикладная гидродинамика газожидкостных смесей // М.: Газпром ВНИИГАЗ; Ивановский государственный энергетический университет, 1998. 400 с.
5. Саранча А.В., Хабибуллин А.Ф., Огай В.А. Удаление пластовой

и конденсационной воды с забоев газовых скважин на основе закачки азота. // В сборнике: Новые технологии нефтегазовому региону. Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень, 2016. С. 191-193.

6. Овечкина Е.С., Левитина Е.Е. Технологии эксплуатации обводняющихся газовых скважин // В сборнике: Новые технологии нефтегазовому региону. Материалы международной научно-практической конференции. Тюмень. 2016. с. 149-154.
7. Дикамов Д.В., Минликаев В.З., Мазанов С.В., Имшенецкий М.А., Шулятиков И.В. Устьевое оборудование для эксплуатации скважин Ямбургского месторождения по концентрическим лифтовым колоннам /НЕФТЕГАЗ. №1. 2009. С55.
8. McLAURY, B.S., S.A. SHIRAZI, J.R. SHADLEY. A particle tracking method to predict sand erosion threshold velocities in elbow and tees. In: Proc. of the 1994 ASME Fluids Engineering Division summer meeting, Lake Tahoe, Nevada, June 19–23, 1994.

References

1. Kolmakov, A. V., Krotov P. S., Kononov A.V. The technology development of the Cenomanian deposits of low-pressure gas, SPb.: NEDRA LLC, 2012. 176 pages.
2. Lee James, Nickens Genry, Wells Michael Operation of waterlogged gas wells. Technological solutions for the removal of fluid from wells // Translation from English. M.: LLC "Premium Engineering" 2008. 384 pages.
3. Koryakin, A. Yu. Complex solutions of problems of development and operation of wells of the Urengoy mining complex // M., 2016. 272 pages.
4. Torchigin, A. A., Odisharia, G. E. Applied hydrodynamics of gas-liquid mixtures, Moscow: Gazprom VNIIGAZ; Ivanovo state power University, 1998. 400 pages.
5. Sarancha, A. V., Khabibullin, A. F., Ogay, V. A. The formation and removal of condensation water from the bottom of gas wells based on the injection of nitrogen, In the collection: New technologies for the oil and gas region. Materials of scientific and practical international conference. Tyumen. 2016. pp. 191-193.
6. Ovechkina, E. S., Levitina, E. E. Technology exploitation of water gas wells, In the collection: New technologies for the oil and gas region. Materials of scientific and practical international conference. Tyumen. 2016. pp. 149-154.
7. Dikamov, D. V., In Minlikaev, V. Z., Mazanov, S. V., Imshenetsky M. A., and Shulyatnikov, I. B. Wellhead equipment for the operation of wells Yamburg field on concentric lift columns, NEFTEGAS, No.1, 2009. p. 55.
8. McLAURY, B.S., S.A. SHIRAZI, J.R. SHADLEY. A particle tracking method to predict sand erosion threshold velocities in elbow and tees. In: Proc. of the 1994 ASME Fluids Engineering Division summer meeting, Lake Tahoe, Nevada, June 19–23, 1994.

**Рукопись поступила в редакцию 05.07.2019,
принята к публикации 02.09.2019**

Об авторах

- Саранча Алексей Васильевич, к.т.н. доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета, тел. 89829270878,
E-mail: saranchaav@tyuiu.ru
- Левитина Екатерина Евгеньевна, к.т.н. доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета,
тел. 89044934964, E-mail: levitinaee@tyuiu.ru
- Есиков Сергей Николаевич, преподаватель Тюменского индустриального университета, тел. 89199554503,
E-mail: esikovsn@tyuiu.ru

About the authors

- Sarancha Alexey, Ph. D., associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University, tel. 89829270878, E-mail: saranchaav@tyuiu.ru
- Levitina Ekaterina, Ph. D., associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University, tel. 89044934964, E-mail: levitinaee@tyuiu.ru
- Esikov Sergey Nikolaevich, teacher of Tyumen industrial University, tel. 89199554503, E-mail: esikovsn@tyuiu.ru

25.00.17
УДК 622.279.72

В.В. Качалов,
В.Н. Сокотушенко
Е.В. Земляная,
А.В. Волохова

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия
E-mail: sokotushenko@mail.ru
Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Россия

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КОМПОНЕНТООТДАЧИ ПРИ РАЗРАБОТКАХ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- В данном обзоре исследований отечественных и зарубежных авторов рассматривается проблема повышения компонентоотдачи газоконденсатных пластов.
- Введение.** Обсуждаются причины снижения компонентоотдачи на газоконденсатных месторождениях и варианты решения этой проблемы. Повышение производительности действующей скважины основан на явлении понижения давления начала конденсации газоконденсата при увеличении в его составе углеводородов «пентан + высшие». Рассматриваются также методы закачки воды или инертного газа по контуру месторождения с целью поддержания пластового давления на закритическом уровне, однако распространения они не получили.
- Материалы и методы.** В основе методов рациональной эксплуатации лежит идея о необходимости поддержания пластового давления выше давления конденсации. В отличие от нефтедобычи, при эксплуатации газоконденсатных месторождений используются, как правило, режимы разработки продуктивного пласта «на истощение». В промышленных масштабах для поддержания пластового давления на закритическом уровне применяется единственный метод – сайклинг-процесс, т.е. закачка в пласт сухого метана [1].
- Результаты** Применение той или иной схемы разработки месторождения с воздействием на пласт должно позволить дополнительно извлечь некоторую часть остаточных запасов газа и конденсата. На нефтяных месторождениях широко применяется промывка скважин различными растворами. Для газоконденсатных месторождений, кроме растворителей, устраняющих кольтизацию прискважинной зоны, предлагается закачка реагентов, выделяющих тепло в процессе реакции. За счет повышения температуры фазовое равновесие газоконденсатной смеси смещается в сторону газовой фазы, что должно приводить к увеличению выхода газоконденсата. В статье рассматриваются некоторые результаты работ, посвященных решению вопросов максимального полного извлечения газа из продуктивных пластов.
- Выводы.** Все перспективные физико-химические методы воздействия на пласт с целью повышения конденсатоотдачи можно классифицировать следующим образом: 1. Рациональная эксплуатация отдельной скважины или месторождения в целом. 2. Закачка газа или жидкости в продуктивный пласт. 3. Использование растворителей. 4. Воздействие взрывом, акустическими и упругими волнами, электромагнитное воздействие. 5. Тепловое воздействие. Исследование показало, что различные сценарии эксплуатации могут скорректировать состав извлекаемой продукции и количество выпадающего конденсата в пласте.
- Исследования.** Все перспективные физико-химические методы воздействия на пласт с целью повышения конденсатоотдачи можно классифицировать следующим образом: 1. Рациональная эксплуатация отдельной скважины или месторождения в целом. 2. Закачка газа или жидкости в продуктивный пласт. 3. Использование растворителей. 4. Воздействие взрывом, акустическими и упругими волнами, электромагнитное воздействие. 5. Тепловое воздействие. Исследование показало, что различные сценарии эксплуатации могут скорректировать состав извлекаемой продукции и количество выпадающего конденсата в пласте.
- Ключевые слова:** газоконденсатные месторождения, углеводородное сырьё, продуктивный пласт, методы повышения компонентоотдачи, ретроградный конденсат.

V. V. Kachalov, Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia
V.N. Sokotushchenko E-mail: sokotushenko@mail.ru
E.V. Zemlyanaya, Joint Institute for Nuclear Research,
A. V. Volokhova Dubna, Russia

OVERVIEW OF THE COMPONENT ENHANCEMENT METHODS IN DEVELOPMENT OF THE GAS CONDENSATE FIELDS

- Introduction. In this review of researches of domestic and foreign authors the problem of increase of a component of gas condensate layers is considered. The reasons for the reduction of component recovery in gas condensate fields and solutions to this problem are discussed. Improving the performance of existing wells based on the phenomenon of decompression beginning of condensation of the condensate with increasing of the composition of hydrocarbons «pentane + higher». Methods for pumping water or inert gas along the field circuit to maintain reservoir pressure at the supercritical level are also considered, but they have not been distributed.
- Materials and methods. The rational operation methods are based on the idea of maintaining reservoir pressure above the condensation pressure. In contrast to oil production, in the operation of gas condensate fields are used, as a rule, modes of development of productive formation «at depletion». On an industrial scale, the only method used to maintain reservoir pressure at the supercritical level is the Cycling process, i.e. injection of dry methane into the reservoir [1].
- Results and discussions. The use of a particular field development scheme with an impact on the reservoir should allow for the additional extraction of some of the residual gas and condensate reserves. In oil fields, well washing with various solutions is widely used. For gas-condensate fields, except for solvents, which eliminates mudding of nearfield is proposed the injection of reagents that produce heat during the reaction. Due to the increase in temperature, the phase equilibrium of the gas condensate mixture is shifted towards the gas phase, which should lead to an increase in the yield of gas condensate. The article discusses some of the results of the work devoted to solving the issues of the most complete extraction of gas from productive formations.
- Summary. All promising physico-chemical methods of influence on the formation in order to increase condensate recovery can be classified as follows:
1. Rational operation of a single well or field as a whole.
2. Injection of gas or liquid into the reservoir.
3. Use of solvents.
4. Impact explosion, acoustic and elastic waves, electromagnetic impact.
5. Thermal effect.
The study showed that different operating scenarios can adjust the composition of the extracted products and the amount of condensate in the reservoir.
- Keywords: gas condensate fields, hydrocarbon feedstock, reservoir, methods for enhancing component recovery, retrograde condensate.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность разработки газовых и газоконденсатных месторождений оценивается, прежде всего, по полноте извлечения углеводородного сырья из пласта [2]. Принятые в отечественной практике способы разработки месторождения на режиме естественного истощения не позволяют извлекать углеводороды с достаточной полнотой, среднее извлечение газа для газовых месторождений составляет 85-90%, для газоконденсатных – 75-85%, а извлечение конденсата не превышает 30%.

Для повышения компонентоотдачи истощенных газоконденсатных месторождений может быть использовано нагнетание в них углеводородных растворителей. Эти методы основаны на вовлечении выпавшего в пласте ретроградного конденсата в процесс фильтрации.

Масштабы и темп освоения ресурсов природных углеводородных систем в значительной степени связаны с разработкой залежей газо- и нефтегазоконденсата. С увеличением глубины бурения и в результате освоения новых месторождений их доля в балансе газонефтяных флюидов возрастает [3]. В то же время коэффициент извлечения ресурсов из недр на действующих газоконденсатных скважинах намного меньше, чем на нефтяных. Лишь в наиболее благоприятных случаях он достигает 60%, оставаясь в среднем на уровне 45–50 % [4].

Такое различие, помимо характерных для газоконденсатных месторождений сложных геологических условий, объясняется особенностями термодинамических свойств газоконденсата [5], связанными с его аномальным поведением в двухфазной области. Опыт разработки газоконденсатных месторождений показывает, что одной из причин снижения продуктивности эксплуатационных скважин является значительное насыщение пористой среды призабойной зоны ретроградным конденсатом [6]. Это приводит к тому, что в зоне скважины в пористом продуктивном пласте скапливается конденсат (т.н. конденсатная пробка), снижающий газопроницаемость пласта и препятствующий выходу газовой фазы. При этом наиболее ценные компоненты углеводородного сырья остаются в жидкой фазе.

При движении газоконденсатного флюида при падении давления происходит выпадение жидкой фазы. Это связано со специфическими свойствами ретроградной области, которая существует на фазовой диаграмме газоконденсатной смеси. В области ретроградной конденсации (ретроградного испарения) при изотермическом снижении давления (изобарическом снижении температуры) происходит увеличение количества образовавшейся жидкой фазы (газовой фазы) в системе до максимального значения. Дальнейшее снижение давления (температуры) приводит к уменьшению объема жидкой (газовой) равновесной фазы, а при определенном давлении (определенной температуре) жидкая (газовая) фаза исчезает, и многокомпонентная система снова переходит в однофазное газообразное (жидкое) состояние. Многие при-

родные многокомпонентные системы обладают одной ретроградной областью. У пластовых смесей газоконденсатных месторождений наблюдается в большинстве случаев только область ретроградной конденсации. Ретроградные эффекты проявляются у различных по составу углеводородных многокомпонентных систем при разных значениях давлений и температур. Следует отметить, что термобарические условия, приводящие к ретроградным явлениям в пластовых смесях газоконденсатных месторождений, часто соответствуют давлениям и температурам, наблюдаемым в практике их разработки. Это вызывает выпадение жидких компонентов в газонасыщенных пластах, изменение состава добываемой продукции, а также продуктивности скважин. При этом жидкая фаза имеет меньшую фазовую проницаемость по отношению к газовой, поэтому происходит торможение жидкой фазы, увеличивается давление. Но в силу специфики фазовой диаграммы с ретроградной областью при увеличении давления происходит образование газовой фазы, которая имеет большую фазовую проницаемость. Таким образом, происходит сначала накопление жидкой фазы, приводящее к увеличению давления, а потом из-за образования газовой фазы жидкостная пробка «проталкивается», движение восстанавливается, снова происходит падение давления, образование жидкой фазы, т.е. описанный процесс повторяется.

В качестве легких углеводородных растворителей для воздействия на газоконденсатные залежи могут использоваться: этан, этан-пропановая фракция, широкая фракция лёгких углеводородов. Все эти растворители состоят практически из одних промежуточных углеводородных компонентов. Свойства этих компонентов как растворителей веществ нефтяной и газоконденсатной природы подробно исследованы в работах [7, 8, 9].

Выполненные экспериментальные исследования [10, 11] позволили раскрыть механизм вытеснения конденсата этаном в условиях, когда газоконденсатная смесь является двухфазной со значительным преобладанием газовой фазы и с неподвижным до введения этана жидким конденсатом. Было показано, что выпавший конденсат тем эффективнее вытесняется этаном, чем значительнонее пластовое давление превышает критическое давление (4,88 МПа) этана.

Оценка эффективности различных методов выполнялась сравнением выбранных методов с базовым сценарием, представляющим традиционную схему разработки залежи газа – истощение. В качестве альтернативных сценариев управления разработкой рассматривались методы поддержания пластового давления путем закачки в пласт различных агентов: сухого газа («сайклинг»), азота, воды и смешанного воздействия газа, и воды (водогазовое воздействие). Помимо этого, подбиралось оптимальное соотношение нагнетательных и добывающих скважин, величина компенсации закачки и темп отбора газа. В работе [12] дана оценка технологической эффективности методов увеличения конденсатоотдачи из ачимовских отложений Уренгойс-

кого нефтегазоконденсатного месторождения. Отличительные особенности ачимовских пластов – это низкая проницаемость (порядка 1 мД) и аномально высокое начальное пластовое давление (≈ 600 атм). Для моделирования методов повышения конденсатоотдачи на одном из участков авторами был подобран элемент разработки, в котором средние параметры соответствовали параметрам полномасштабной модели. Полученные результаты свидетельствуют, что при реализации закачки азота в условиях ачимовских отложений Уренгойского НГКМ ожидается относительное увеличение конденсатоотдачи на 40–50%. При этом, данный вариант является эффективнее традиционного «истощения» по интегральному показателю, что позволяет говорить о перспективах его оценки в ОКР для разработки других газоконденсатных залежей.

Для проведения расчетов сайклинг-процесса в многопластовой газоконденсатной залежи авторы [13] предложили модифицированную гидродинамическую модель Black oil. Под фазами в предложенной модели подразумевают: пластовый (жирный) газ; пластовая углеводородная жидкость (нестабильный ретроградный конденсат); закачиваемый сухой газ. К укрупненным компонентам газодинамической модели были отнесены: газ (компоненты до бутанов включительно) растворенный в жирной пластовой газовой и углеводородной жидкой фазах; группу C_{5+} в; закачиваемый для поддержания давления сухой газ. Разработанная модель, позволяющая, оставаясь в рамках уравнений Маскета-Мереса, моделировать недонасыщенные по C_{5+} пластовые системы.

В работе [14] аналитически и экспериментально исследовался процесс вытеснения из пористой среды углеводородной жидкости смесью углеводородных газов и диоксид углерода. Результаты исследования выявили механизм возникновения двухфазной фильтрации, а также изменения, происходящие с фазами – изменения объемов, плотности, вязкости и поверхностного натяжения.

На основании результатов лабораторных опытов на насыпной модели было установлено [15], что вытеснение газоконденсата сухим газом из модели неоднородного пласта при циклическом изменении давления может существенно повысить извлечение углеводородов C_{5+} .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Технология разработки газовых месторождений, согласно [16], показывает целесообразность эксплуатации обводнившихся и обводняющихся газовых скважин с целью поддержания уровня добычи газа из месторождения и увеличения газоотдачи пласта. В результате выполненных исследований показано, что закачка попутно добываемой воды в низкопроницаемые и/или слабодренированные зоны пласта способствует дальнейшему повышению конечного коэффициента газоотдачи резконеоднородного по коллекторским свойствам пласта. Вопросы повышения конденсатоотдачи при

использовании водогазового воздействия на газоконденсатный пласт рассмотрены в работе [17]. В результате серии опытов на физической и математической модели показано существенное преимущество водогазового воздействия перед заводнением. Увеличение конечного коэффициента извлечения конденсата составило 10%. Также авторами выявлено формирование перед фронтом воды зоны повышенного содержания углеводородной жидкости.

Процесс вытеснения ретроградного конденсата обогащенным газом заключается в закачке в пласты газа, содержащего метан, этан, пропан и бутан (C_1-C_4), с последующим вытеснением смеси пластовых углеводородов и обогащенного газа сухим газом. Выполненные эксперименты [18] показали, что выпавший конденсат может быть извлечен из пласта путем прокачки обогащенного газа. Механизм вытеснения ретроградного конденсата обогащенным газом может быть представлен на основе результатов исследований, описанных в монографии [19]. Результаты уже выполненных к настоящему времени исследований [20] показывают, что воздействие обогащенным газом на истощенные газоконденсатные месторождения может оказаться достаточно эффективным методом повышения их компонентоотдачи.

За рубежом также имеется обширный накопленный опыт по повышению компонентоотдачи при разработках газоконденсатных месторождений. Так, на основе лабораторных результатов [21] и численного моделирования одной скважины было проведено полевое испытание газовой скважины, на которой наблюдалась постепенное снижение производительности, вызванное выпадением конденсата на месторождении. Установлено, что обработка метанолом газоконденсатной скважины на месторождении Хаттерс Понд в течение первых 4 месяцев в два раза увеличивает добычу газа и конденсата, а при дальнейшей разработке, увеличение добычи поддерживается на уровне 50% от добычи без закачки метанола. Однако, необходимо принять меры предосторожности для обеспечения совместимости закачиваемого метанола как с пластовым солевым раствором, так и с пластовыми породами, что может снизить производительность скважины в два и более раз.

Явление «конденсатной пробки» есть результат воздействия комплекса факторов, включая свойства флюидной фазы, характеристики пластового потока, давления в пласте и в стволе скважины. Например, производительность скважин на месторождении Арун в Северной Суматре, Индонезия, значительно снизилась примерно через 10 лет после начала добычи. Исследования скважин, включая испытания на переходные процессы давления, показали, что потери были вызваны накоплением конденсата вблизи ствола скважины. Арун является одним из нескольких огромных газоконденсатных коллекторов, которые вместе содержат значительный глобальный ресурс. К другим крупным газоконденсатным ресурсам относятся Штокмановское месторождение РФ в Баренцевом море, Карачаганакское месторождение в Казахстане, месторождение Северное в Катаре, месторождение Южный Парс в

Иране и месторождение Купиагуа в Колумбии. Исследователи из Техасского университета в Остине провели лабораторные испытания с использованием 3М фторуглеродных поверхностно-активных веществ [22]. Результаты по образцам керна коллектора, заблокированным конденсатом, свидетельствуют о удвоении значений относительной проницаемости газа и конденсата после обработки. Основываясь на этих многообещающих лабораторных данных, Chevron успешно протестировал эту методику в заблокированной газоконденсатной скважине в 2006 году.

Газоконденсатные скважины часто испытывают значительное снижение производительности после того, как давление в забое скважины падает ниже точки росы из-за выпадения конденсата в призабойной зоне. Тем не менее, по-прежнему отсутствует полное понимание того, как изменения состава влияют на производительность скважины. В исследовании [23] рассмотрена проблема восстановления газоконденсатных пластов с акцентом на изменение состава. Полное композиционное моделирование проводилось для исследования изменений состава и насыщенности конденсатом. Были смоделированы различные стратегии для получения продуцирующих последовательностей с улучшенным восстановлением. Влияние методов, таких как гидроразрыв пласта и закачка газа, на состав и восстановление газоконденсатной залежи также были исследованы. Кроме того, параметры, регулирующие закачку газа в газоконденсатный пласт, были скорректированы с использованием алгоритма математической оптимизации для получения оптимального извлечения. Исследование показало, что состав значительно варьируется во время истощения. Различные стратегии производства могут повлиять на составы флюидов и количество выпадающего конденсата в пласте. Принимая во внимание новое понимание того, как изменяется состав, состав выпадающих жидкостей может «контролироваться» и доизвлечение из газоконденсатных пластов может быть улучшено. Решение задачи математической оптимизации в случае закачки метана продемонстрировало, что оптимальные результаты не всегда достигаются при максимальных скоростях закачки газа. Газоконденсатные коллекторы демонстрируют сложное поведение потока ниже давления точки росы, вызванное изменением состава и созданием, и ростом конденсатной пробки вокруг скважины, что существенно снижает относительную проницаемость для газового потока. В результате добыча газа снижается, а в пласте остается жидкий конденсат [24].

В диссертационной работе [25] приводятся результаты экспериментальных исследований, доказывающие важную роль сорбционно-десорбционных процессов в фазовых превращениях в продуктивном коллекторе, в распределении углеводородных компонентов между неподвижной и извлекаемой частями системы. Высококипящие компоненты пластовой углеводородной смеси, сорбируясь на стенках поровых каналов, могут изменять состав фильтрующегося флюида. Уменьшение сечения фильтрационных каналов

может сопровождаться снижением проницаемости пласта и, как следствие, углеводородоотдачи.

Явления, обуславливаемые молекулярным взаимодействием флюидов со стенками пор, играют важную роль в условиях газоконденсатного или нефтяного пласта, представляющего собой высокодисперсную пористую среду с развитой поверхностью. Создан экспериментальный комплекс, позволяющий проводить исследования фазового поведения углеводородных и неуглеводородных флюидов в пористых средах и в свободном объеме в диапазоне температур 110...420 К и давлений до 60 МПа. Показано, что сорбционно-десорбционные процессы, изменяя состав флюида в поровом пространстве, существенно влияют на его фазовое поведение. Полученные экспериментально обобщенные изотермы адсорбции углеводородных смесей позволяют количественно оценивать распределение компонентов между неподвижной и извлекаемой (фильтрующейся) частями системы с учетом влияния связанной воды. Использование полученных результатов в проектах разработки залежей, приуроченных к плотным низкопроницаемым коллекторам с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов, в том числе вводимых в разработку залежей в ачимовских и нижнемеловых отложениях Западной Сибири, позволит существенно повысить их нефте-, газо-, конденсатоотдачу. Экспериментально установлены зависимости количества сорбирующихся в пристеночном слое углеводородов от их молекулярной массы, величины удельной поверхности и водонасыщенности; определены критические параметры ряда характерных углеводородных смесей. Кроме того, установлено, что определяющим фактором различия процессов выпадения и испарения конденсата в пористых средах является макроскопическое расслоение жидкой и паровой фаз, обусловленное размером поровых каналов.

В статье [26] исследуется влияние скорости и межфазного натяжения на относительную проницаемость газоконденсата в области забоя скважины при высоких давлениях. Полученные результаты применяются к потоку газоконденсата в области забоя скважины. Посредством использования устойчивых и неустойчивых методов изучалось влияние относительной проницаемости на газовую и жидкую фазы. Эксперименты показали, что увеличение скорости потока приводит к увеличению относительной проницаемости обеих фаз. Возрастающее при этом межфазное натяжение уменьшает относительную проницаемость газовой фазы по сравнению с жидкой. В соответствии с числом Рейнольдса поток вдоль всего участка был ламинарным. Следует отметить, что при несоблюдении закона Дарси относительная проницаемость уменьшается вместе со скоростью потока.

Влияние отклонения от закона Дарси и уменьшения пор (pore proximity) на добычу газоконденсата нетрадиционными методами рассмотрено в статье [27] Переносные свойства и механизмы, а также фазовые переходы в замкнутом объеме значительно отличаются от них в свободном пространстве (bulk

behavior). Вследствие взаимодействия молекул со стенками сосуда, а также вследствие межмолекулярного взаимодействия фазовые переходы претерпевают изменения в наноскважинах. К тому же, в наноскважинах, когда средняя длина свободного пробега молекул составляет порядка радиуса скважины, наблюдаются отклонения от закона Дарси. Это явление приводит к увеличению эффективной проницаемости движущегося флюида. В исследовании авторы сфокусировались на определении и анализе влияния на конденсатоотдачу фазовых переходов и изменении фильтрационных свойств вследствие уменьшения пор (pore proximity). Кроме того, авторы анализируют влияние отклонения от стационарного потока на производительность скважины с помощью второго уравнения Кликенберга. В статье также изучено влияние различных взаимодействий между порами на производительность. Результаты показывают, что при уменьшении размера пор флюид ведет себя как сухой газ с уменьшающейся двухфазной областью, вследствие чего наблюдается выход конденсата и увеличение проницаемости. С учетом введенных ограничений уровень добычи газа не изменился, тогда как расход жидкости значительно возрос. Эффект фазовых переходов дает положительный вклад в добычу полезных ископаемых, в то время как изменение размера пор и проницаемости оказывает негативное воздействие на разработку месторождений. Типы взаимодействия между порами разных размеров имеют ярко выраженный эффект и определяют, какие из этих факторов оказывают наибольшее воздействие на производительность. Исследования показали отсутствие отклонений от закона Дарси на начальном этапе разработки месторождений, поскольку на этом этапе давление достаточно высокое. Входящий в линейный закон фильтрации Дарси коэффициент проницаемости определяется при исследовании кернов или на основе гидродинамических исследований. Исследованиями показано, что для пористых сред коэффициент проницаемости зависит от размера зерен и их дисперсности, коэффициента пористости, формы зерен и степени их сцементированности.

В связи с тем, что линейный закон фильтрации Дарси всё-таки является приближенным законом, при увеличении скорости фильтрации жидкости и соответствующем увеличении скоростного напора сделанное ранее при выводе линейного закона фильтрации допущение может оказаться несправедливым, тогда и возникнут погрешности в расчетах.

В статье [28] исследуется влияние межфазного натяжения на относительную проницаемость. Добавление поверхностно-активного вещества в вытесняющую водную фазу изменяет натяжение на границе фаз, которое в свою очередь может оказать существенное воздействие на относительную проницаемость. В статье представлены результаты экспериментов по изучению изменения двухфазной относительной проницаемости в водонефтяных системах. Представлены новые методы измерения относительной проницаемости. В частности, был усовершенствован способ стационарного измерения

относительной проницаемости; доказано существование некоторого критического диапазона межфазного натяжения, в наибольшей степени влияющего на относительную проницаемость. Здесь важно отметить, что в стандартном диапазоне относительная проницаемость возрастает по мере уменьшения межфазного натяжения.

Экспериментальное изучение относительной проницаемости околокритического газоконденсата представлено в работе [29]. Обычно залежи газоконденсата содержат систему жидкость-газ во время разработки. Такие системы сложно моделировать экспериментально, поскольку они почти не смешиваются при высоких давлениях и температуре (обычно: $P_{кр} > 300$ бар, $T_{кр} > 100$ °C). Существует метод упрощения лабораторных измерений при помощи использования двухкомпонентной жидкости с наблюдаемой ретроградной конденсацией и выбора температуры для контроля растворимости. Была проведена серия измерений относительной проницаемости на углеродном стержне умеренной проницаемости, используя смесь метанол/н-гексан в условиях слабого смешивания в присутствии воды. Для обеспечения слабой смешиваемости с метанолом в воду был добавлен карбонат калия. Эксперименты используют квазиравновесный метод в условиях, похожих на реализующиеся в месторождении газоконденсата вблизи скважины. Были исследованы потоки газа и конденсата в разных соотношениях действующих сил (числа капиллярности и числа Этвеша). Изучена относительная проницаемость в зависимости от состава жидкости и расхода, а также насыщенности конденсата и водяного пара. Зависимость относительной проницаемости от насыщенности смачивающей фазы сдвигается влево при увеличении расхода смачивающей фазы и уменьшении поверхностного натяжения. Исследования по измерению и моделированию явлений инерционного потока и потока с высоким числом капиллярности в относительной проницаемости газоконденсата, показали, что продуктивность большинства газового конденсата значительно падает при образовании конденсатной пробки, когда давление у забоя скважины падает ниже точки росы.

Наиболее важным параметром для определения продуктивности скважины является эффективная проницаемость газа вблизи скважины, где могут быть очень высокие скорости. Понимание характеристик высокоскоростного потока газоконденсата необходимо для точной оценки продуктивности скважин. Ряд лабораторных экспериментов демонстрирует, что относительная проницаемость газоконденсата возрастает при больших скоростях, уменьшая негативное влияние газоконденсатной пробки на продуктивность скважин. С другой стороны, инерционные эффекты потока могут уменьшить эффективную проницаемость газа и, соответственно, продуктивность скважины. В этой работе представлены результаты измерений относительной проницаемости на слабо проницаемом стержне из песчаника, используя пятикомпонентную газоконденсатную смесь. В экспериментах использовался квазиравно-

весный метод при высоких давлениях и скоростях, условия измерений были сходны с таковыми в месторождении вблизи скважины. После проведения измерений для набора межповерхностных натяжений и скоростей результаты могут быть использованы для оценки эффектов потоков с высоким числом капиллярности и инерционностью и для количественного исследования влияния этих двух конфликтующих явлений. Согласно экспериментальным данным, коэффициент инерционного потока на 50% выше, чем в эквивалентной 2-фазовой системе из газа и воды.

Результаты этих экспериментов были моделированы через корреляцию относительной проницаемости от числа капиллярности, одновременно с поправкой к относительной проницаемости за счет инерционности потока. В работе обсуждаются эти модели и показывается, как они могут быть использованы для поведения скважины в полностью аналогичной реальной модели месторождения.

Определение относительных фазовых проницаемостей в случае трехфазной фильтрации является значительно более сложной задачей и соответствующие эксперименты проводятся достаточно редко. Практически фазовые проницаемости для трехфазной системы определяют по данным двухфазной фильтрации. Наибольшее распространение получили модели, предложенные в работах [30, 31, 32]. Фазовые проницаемости зависят только от соответствующей насыщенности и определяются по данным двухфазной фильтрации. Для простоты предполагается, что газонасыщенность защемленным газом равна нулю, т.е. газ вытесняется полностью.

В работе [33] рассматриваются методы борьбы с конденсатными пробками. Эффект выпадения конденсата при добыче газа – одна из главных существующих проблем. Когда пластовое давление падает ниже давления точки росы при эксплуатации месторождения, жидкая фаза выпадает из газовой фазы и образует конденсат в пласте. Есть два сценария, которые могут привести к падению давления. Одним из них является падение давления из-за добычи пластовой жидкости. Пластовая жидкость вытекает из пласта высокого давления к сепараторам на поверхности с более низким давлением. Второй сценарий – падение пластового давления из-за истощения. Во время добычи газа и конденсата пластовое давление будет уменьшаться со временем и, когда оно падает ниже давления точки росы, конденсат выпадает в жидкую фазу в пласте. Конденсат значительно уменьшает проницаемость газа. Следовательно, это снижает производительность добычи газа. Для решения этой проблемы было предложено несколько методов: закачка газа, обработка CO_2 , изменение смачиваемости, уменьшение межфазного натяжения, гидроразрыв пласта и нетрадиционные скважины. Некоторые из этих методов были реализованы на месторождениях и показали положительные результаты, но каждый метод имеет преимущества и недостатки, которые необходимо изучить далее в целях повышения его эффективности.

В работе [34] описано явление образования конденсата, а также представлены уравнения состояния, которые могут предсказывать конденсацию газа. В статье [35] исследовались эмпирические корреляции давления точки росы и давления образования пузырей. Это накопление конденсата, известное как конденсатная пробка, вызывает уменьшение относительной проницаемости газа, следовательно, дебит скважины резко падает. Например, продуктивность на месторождении в Калифорнии значительно уменьшилась вследствие двойственного влияния конденсатной пробки и высокой водонасыщенности [36]. Добыча на месторождении Cal Canal составляла только 10% от первоначального значения. Другой пример, месторождение Арун в Индонезии, где производительность скважины снизилась более чем в два раза за счет влияния конденсатной пробки [37].

В процессе добычи и доставки продукции на пункты приема, давление пластовой жидкости может быть ниже давления точки росы. Подобная ситуация часто происходит в районе ствола скважины. Был проведен ряд исследований, направленных на рассмотрение этого случая, которые показали, что переход от однофазного к многофазному течению около скважины приводит к образованию скопления конденсата. Согласно [38] когда конденсат образуется вблизи ствола скважины, он создает три различные области подвижности в резервуаре. В области, где давление жидкости еще выше давления точки росы, есть только одна газовая фаза. В зонах, где давление жидкости ниже, чем давление точки росы, присутствуют две фазы: газ и конденсат. В одной области конденсат неподвижен, потому что насыщенность конденсата ниже критического значения.

С другой стороны, в прискважинной области конденсат мобилен и поступает вместе с газом к скважине, потому что насыщенность конденсата выше критического насыщения. Эти две области являются областями выпадения конденсата, поэтому важно изучить поведение флюидов в этих двух областях, чтобы иметь возможность смягчения последствий выпадения конденсата. Было предложено несколько методов для смягчения последствий выпадения конденсата. Их можно сгруппировать в три различных подхода. Первый подход направлен на сохранение давления в пласте выше давления точки росы на основе использования газового рецикла или закачки CO_2 . Методы второго подхода нацелены на увеличение подвижности конденсата в районе ствола скважины, чтобы заставить его течь с газом к стволу скважины. Обеспечить это можно изменением смачиваемости или уменьшением межфазного натяжения. Наконец, третий подход состоит в том, чтобы уменьшить падение давления и тем самым задержать время достижения давления точки росы, используя гидроразрыв или горизонтальные скважины. Рассмотрим более подробно методы, относящиеся к указанным трем группам.

*Методы, направленные на сохранение давления
в пласте*

Закачка сухого газа является одним из самых распространенных методов предотвращения выпадения конденсата. При таком методе сохраняется давление в резервуаре выше давления точки росы, что способствует вытеснению ценного конденсата из пласта [39]. Также, если выпавший конденсат уже существовал в пласте, закачка газа способствует повторному испарению конденсата [40]. Хотя газовый рецикл является очень эффективным методом снижения выпадения конденсата и образования конденсатной пробки, однако увеличение потребления газа приводило к увеличению стоимости добываемой продукции, что побудило ученых найти альтернативу для этого метода. Farzad и др. изучали стратегии добычи пластовых флюидов при закачки смешивающих и несмешивающих газов [41]. Rostami и др. изучали возможность закачки смешивающегося газа в карбонатный пласт [42]. Углекислый газ, чистый метан и азот рассмотрены как альтернатива для сухого газа. Авторы работы [43] доказали в своих исследованиях, что закачка углекислого газа существенно увеличивает извлечение конденсата, что обусловлено тем, что предотвращается накопление конденсата в течение определенного времени.

Азот является хорошим газом для закачки, так как это дешевый, некоррозионный и чистый газ. Однако, есть некоторые вопросы, связанные с использованием азота. Хотя закачка азота увеличивает извлечение конденсата, он не так эффективен, как закачка углекислого газа, метана и газовый рецикл. Так был проведен эксперимент, чтобы показать, что метан испаряет жидкую фазу при меньшем количестве закачки (55% моль), чем при закачке азота (98%) [44]. Исследование также показало, что закачанный азот может смешиваться с газовым конденсатом в пласте и давление точки росы смеси выше, чем начальное давление точки росы на месторождении. В результате увеличивается выпадение конденсата в пласте. Углекислый газ очень эффективен при добыче газа. Эффективность закачки углекислого газа почти такая же, как природного газа.

При более низких пластовых давлениях впрыск углекислого газа приводит к более высокой скорости восстановления добычи газа по сравнению с закачкой природного газа. Однако углекислый газ менее эффективен при восстановлении дебита конденсата по сравнению с природным газом. Поэтому необходимы дальнейшие исследования закачки углекислого газа для повышения эффективности извлечения конденсата. Преимущество закачки газа в том, что она может смягчить проблему выпадения конденсата внутри пласта. Закачку газа можно использовать для предотвращения образования конденсата в пласте путем поддержания пластового давления выше давления точки росы, или закачка газа может разрешить проблему закупорки конденсата, когда конденсат уже образовался в пласте. Он будет повторно пе-

реведен в газовую фазу, что обеспечит его перемещение к скважине. Однако недостатком этого метода является то, что необходимо большое количество закачиваемого газа.

В статье [45] рассматривается метод теплового воздействия на пласт с целью увеличения дебита добывающей скважины и приводятся результаты физического и математического моделирования теплового воздействия на модель пласта. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали возможность увеличения дебита высококипящего компонента при тепловом воздействии на призабойную зону газоконденсатного пласта. Термическое воздействие на прискважинную зону может быть применено как метод повышения коэффициента извлечения газового конденсата. Разработанные математическая и физическая модели пласта могут быть использованы для исследования процессов фильтрации многокомпонентных двухфазных углеводородных смесей и методов воздействия на эти процессы. Очевидно, что применение той или иной схемы разработки месторождения с воздействием на пласт позволит дополнительно извлечь некоторую часть остаточных запасов газа и конденсата. В статье рассматриваются некоторые результаты работ, посвященных решению вопросов максимально полного извлечения газа из продуктивных пластов. В качестве дополнительных результатов можно отметить следующее:

1. По результатам расчетов на секторной гидродинамической модели в вариантах с закачкой азота ожидается не только прирост в добыче конденсата на 40-50% относительно базового варианта разработки, но и небольшой прирост в добыче сухого газа.
2. В качестве рекомендуемого сценария закачки азота выделяется вариант с соотношением нагнетательных и добывающих скважин 1/2, компенсация добычи закачкой –100%.
3. Проработана концепция обустройства наземного оборудования, обеспечивающего обратную закачку в пласт газа; капитальные затраты учтены в экономических расчетах.
4. Подтверждена эффективность закачки азота и на более поздних этапах разработки месторождения.

Технология сайклинг-процесса заключается в закачке сухого углеводородного газа для частичного поддержания пластового давления. Причем при содержании фракции C₂ – C₄, меньшем двукратного содержания стабильного конденсата (C₅+), перед закачкой сухого углеводородного газа в пласт создается оторочка объемом не менее 15% объема пор зоны воздействия из углеводородного газа, насыщенного фракцией C₂ – C₄ при текущих пластовых давлениях и температурах.

Рассматриваются также методы закачки воды или инертного газа по контуру месторождения с целью поддержания пластового давления на закритическом уровне, однако распространения они не получили.

Из физических методов исследуются взрывные, акустические и электромагнитные способы воздействия. При воздействии взрывом по пласту бурятся протяженные горизонтальные скважины, и по всей их длине укладывается в сплошной оболочке взрывчатое вещество с обеспечением энергии взрыва на единицу длины скважины от 15 до 60 МДж/м.

Предлагаются различные тепловые методы, обладающие наибольшей эффективностью при добыче газоконденсата. Их суть сводится к помещению источника тепла непосредственно на забой скважины и нагрев последнего до определенной температуры. В этом случае удастся избежать непроизводительных потерь тепла, возникающих, например, при подаче тепла с поверхности.

Термобарохимическая технология обработки (ТБХО) заключается в использовании пороховых (твердотопливных) зарядов, не вызывающих повреждения забоя скважин. Сжигание заряда производится в течение длительного времени (до 0,5 ч), обеспечивающего оптимальное и эффективное воздействие на призабойную зону пласта. В технологии ТБХО сведены в один комплекс три метода обработки скважин: метод термогазохимического воздействия с использованием пороховых зарядов, химического воздействия, методы гидроимпульсного и депрессионного воздействия с использованием различных взрывных устройств. Мощность заряда, длительность горения и необходимые для успешной обработки скважин величины давлений и температур в призабойной зоне для конкретного месторождения определялись разработчиками технологии эмпирическим путем.

Закачка CO_2 методом Huff-n-Puff аналогична использованию закачки углекислого газа для интенсификации добычи газа, где CO_2 используется для вытеснения природного газа и конденсата, для увеличения дебита. Однако в технологии Huff-n-Puff CO_2 закачивается непосредственно при эксплуатации месторождения, а затем скважина закрывается, чтобы позволить CO_2 взаимодействовать с пластовой жидкостью и конденсатом в течение определенного периода времени [46]. Исследование Odi показало, что CO_2 образует смесь с пластовой жидкостью и приводит к снижению давления точки росы в пласте. В результате, вновь испарившийся конденсат вместе с потоком CO_2 направляется назад к скважине. Исследование показало, что концентрация CO_2 увеличивается и давление точки росы уменьшается. Этот метод эффективен при достижении максимального уровня выпадения жидкой фазы [47].

Однако этот метод характеризуется кратким периодом воздействия, потому что после добычи начинается период, когда конденсат вновь выпадает в жидкой фазе вследствие повышения давления точки росы в текущей газовой смеси. Метод эффективен только при образовании конденсата вблизи ствола

скважины. Если конденсат образуется внутри резервуара, этот метод не так эффективен, потому что его эффективный радиус очень ограничен. Преимуществом этого метода является то, что используется меньшее количество закачиваемого CO_2 по сравнению с полной закачкой CO_2 .

Методы, направленные на увеличение подвижности конденсата

Когда выпавший конденсат формируется около скважины, конденсат в этой области находится в полной неподвижности. Если обеспечить подвижность конденсата, он будет течь с газовой фазой в пласте к стволу скважины; следовательно, относительная проницаемость газа увеличивается, и добыча возрастает. Для того чтобы достигнуть этого результата, можно использовать сурфактант для изменения смачиваемости пласта жидкой фазой вплоть до мокрого газа. Этот метод известен как изменение смачиваемости. Li и Firoozabadi успешно использовали химикаты FC759 и FC722 для изменения смачиваемости образца породы пласта [48]. Более позднее исследование Fahes, M., Firoozabadi, A. показало, что эти химические решения не эффективны при максимальной пластовой температуре [49]. Кроме того, эти химические реагенты дороги, поэтому этот метод пока использовать нецелесообразно при добыче газа. Li и др. изучали различные растворители для того, чтобы найти такой, который экономичен и стабилен при высоких пластовых температурах [50]. Они нашли WA12 как потенциальное решение для выпавшего конденсата. Этот реагент термически стабилен при 170 °C и в 20 раз дешевле химических реагентов, которые использовали Li и Firoozabadi. В то же время другое исследование, показало, что спирт 21-NE-06 и ингибированное дизельное топливо эффективны для удаления конденсатной пробки и увеличения эффективной газовой проницаемости [51].

Другой способ повышения подвижности выпавшего конденсата заключается в уменьшении капиллярного давления, которое проявляет конденсат в ловушке в пласте. По словам Al-Anazi и др., капиллярное давление может быть уменьшено путем уменьшения межфазного натяжения [52]. Растворители, такие как спирт, могут использоваться для уменьшения межфазного натяжения и извлечения конденсата с помощью многоконтakтного смешивающегося вытеснения. Сообщается о нескольких случаях успешного применения реагентов на основе спирта в полевых условиях. После первых четырех месяцев обработки метанолом, продуктивность на месторождении Hatter's Pond field увеличилась в 2 раза [53].

На месторождении Curiagua использовались ингибированные дизельные и спиртовые смеси для проведения стимулирующих процедур для уменьшения влияния выпавшего конденсата на протяжении нескольких лет. Однако, этот метод может только временно уменьшить влияние конденсата, и после короткого периода после обработки, конденсат начинает скапливаться снова внутри пласта [54].

Методы, направленные на замедление падения давления

Известно, что гидроразрыв пласта очень эффективен для уменьшения влияния выпавшего конденсата, потому что он увеличивает зону контакта скважины с пластом и снижает темп падения пластового давления в прискважинной области [55]. Однако, этот метод только задерживает время достижения давления точки росы, но не предотвращает закупорку конденсата, а следовательно, не исключает накопление конденсата в районах, где давление в пласте ниже давления точки росы.

Miller N., Nasrabadi, H., Zhu, D. в своем исследовании показали, что просадка давления для горизонтальной скважины намного меньше, чем для вертикальной скважины [56]. Поэтому давление на забое горизонтальной скважины достигнет давления точки росы за более длительное время по сравнению с вертикальной скважиной. Кроме того, исследование показывает, что горизонтальная скважина уменьшает закупорку конденсата вблизи ствола скважины, потому что показатель продуктивности в горизонтальной скважине остается почти таким же после того, как достигается давление точки росы. Несмотря на то, что была доказана эффективность использования горизонтальной скважины для уменьшения влияния выпавшего конденсата, такая скважина не предотвращает выпадения конденсата около ствола скважины. Кроме того, горизонтальная скважина дороже сопоставимой вертикальной скважины, поэтому необходимо сделать экономический расчет обоих вариантов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Россия обладает значительным углеводородным потенциалом. Суммарные прогнозные ресурсы страны оцениваются в 62,7 млрд. т. Большая часть этих ресурсов сосредоточена в восточных и северных районах страны, а также на шельфах арктических и дальневосточных морей. В настоящее время из 2223 открытых в России нефтяных, газонефтяных и газоконденсатных месторождений в разработку вовлечено 1191, а запасы эксплуатируемых месторождений выработаны в среднем на 45%. Около 80% доказанных запасов сосредоточено в районах суши с развитой добывающей структурой. При этом, в настоящее время значительная часть крупнейших залежей в России находится в стадии падающей добычи, с усугубляющейся тенденцией недоизвлекаемости углеводородного сырья.

На территории России сосредоточено около 1/3 разведанных мировых запасов природного газа, потенциальные запасы которого оцениваются в 62,7 млрд. т., из них на европейскую часть приходится 11,6%, а на восточные районы – 84,4%, на шельф внутренних морей – 0,5%. Свыше 90% природного газа добывается в Западной Сибири, в том числе 87% – в Ямало-Ненецком и 4% – в Ханты-Мансийском автономных округах. Здесь расположены крупнейшие

месторождения: Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Медвежье и др. Промышленные запасы природного газа этого региона составляют более 60% всех ресурсов страны. Среди других газодобывающих территорий выделяются Урал (Оренбургское газоконденсатное месторождение – более 3% добычи), Северный район (Вуктылское месторождение). Есть ресурсы природного газа в Нижнем Поволжье (Астраханское газоконденсатное месторождение), на Северном Кавказе (Северо-Ставропольское, Кубано-Приазовское месторождения), на Дальнем Востоке (Усть-Вилуйское, Тунгор на о. Сахалин). Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – одно из крупнейших на востоке России. Является базовым для формирования Якутского центра газодобычи и ресурсной базой для газопровода «Сила Сибири». Открыто в 1983 году. Расположено в Ленском районе Якутии. Балансовые запасы оцениваются в 1240 млрд м³.

Проведение фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований свойств газоконденсатных систем в пластах и разработка методов воздействия на эти системы с целью повышения конденсатоотдачи является актуальной задачей. По величине проектного коэффициента извлечения конденсата (КИК) почти 50% запасов конденсата связано с объектами, для которых КИК утвержден в диапазоне от 0,6 до 0,7, еще для 25 % – ниже 0,6. Проектный коэффициент извлечения резко снижается по мере роста содержания конденсата. В настоящее время мировой тренд развития в газовой науке – это разработка передовых математических моделей с учетом новых, более тонких физических эффектов, влияющих на характерные качественные показатели процессов доизвлечения. Проблема увеличения КИК при разработке ГKM и НГKM стоит во всех газодобывающих странах мира. В процессе разработки ГKM и НГKM на естественном режиме пластовое давление снижается, и, в результате ретроградной конденсации и различных фазовых проницаемостей газовой и жидкой фаз, ретроградный конденсат становится неподвижным в пористой среде пласта, что приводит к нарушению режимов работы добывающих скважин и снижению КИК.

На практике известны режимы неустойчивости работы реальных газоконденсатных месторождений, которые наблюдаются при их эксплуатации. Такое поведение характерно для газоконденсатных смесей, имеющих фазовую диаграмму с ретроградной областью и функциями фазовых проницаемостей специального вида (наличием нулевых значений для определенных величин газо- и влагонасыщенностей). Известны экспериментальные и теоретические результаты, показывающие возможность существования периодических решений задачи фильтрации газоконденсатных смесей в пористой среде. Требуются дальнейшие исследования газоконденсатной смеси в процессе фильтрации как колебательной системы, что позволит использовать методы расчета колебательных систем с целью определения их основных характеристик (в первую очередь, собственных частот) для эффективного

внешнего воздействия на резонансных частотах с целью повышения КИК и выхода газовой и жидкой фаз.

Особенностью воздействия на газоконденсатный пласт обогащенного газа является то, что получающаяся в результате смешивания пластового и нагнетаемого флюидов система существенно приближается к критической точке. Для фильтрационных расчетов процессов такого типа весьма существенным является корректное задание функции относительной фазовой проницаемости (ОФП). При подходе к критическому состоянию должно иметь место асимптотическое стремление коэффициентов ОФП к самим насыщенностям. Это также означает, что существует необходимость введения явной (аналитической) зависимости ОФП от составов фаз. Этого можно достичь лишь на основе совместных экспериментально-теоретических исследований в околокритической области и проведения математического моделирования и физического эксперимента на линейной модели пласта. В эксперименте модель пласта заполняется пластовой углеводородной жидкой фазой, которая должна вытесняться равновесной к ней газовой фазой до исчезновения жидкости в выходящем потоке. Далее, на втором этапе эксперимента через модель пласта производится прокачка обогащенного газа. Математическая модель должна показать, что перед началом второго этапа эксперимента распределение концентраций и насыщенностей по пласту существенно неоднородно и что моделирование процесса без подготовки и проведения первой стадии эксперимента, начиная сразу со второй стадии, искажает результаты. Необходимо провести сравнение расчетных и экспериментальных зависимостей среднепластовой насыщенности на первой стадии эксперимента, плотности жидкой фазы в выходной части модели пласта. Таким образом, учет околокритических перестроек функций ОФП существенен при математическом моделировании фильтрации смешивающихся многофазных флюидов.

Необходимо также вычисление бифуркационных значений параметров, характеризующих процесс фильтрации, при которых происходит ветвление решений и смена стационарного режима на автоволновой, теоретическое определение времён релаксации. При этом необходимо установление связи наблюдаемых в эксперименте неустойчивостей с типичными особенностями фазовых диаграмм многокомпонентных смесей – верификация теории и эксперимента. Условия неустойчивости эквивалентны условиям нахождения системы в области ретроградной конденсации, поэтому существует связь ретроградных явлений с так называемым эффектом отрицательного объема тяжелых компонентов. Эти явления прямо связаны с отрицательной сжимаемостью индивидуального объема фильтрующегося двухфазного континуума, что и приводит к неустойчивости. При математическом описании гидродинамики двухфазной смеси в пористой среде в области ретроградной конденсации должна быть учтена возможность падающей ветви плотности смеси, и требуется соответствующая экспериментальная проверка.

Хотя было предложено несколько методов для смягчения воздействия выпавшего конденсата, таких как закачка газов, CO₂ Huff-n-Puff, изменение смачиваемости, снижение межфазного натяжения, гидроразрыв пласта и горизонтальные скважины, многие из них имеют свои недостатки, когда дело доходит до их практического применения на месторождении. Для закачки газа обычно используется природный газ и показывает лучшие результаты по сравнению с другими газами, такими как метан, углекислый газ или азот. Однако для его использования необходимо большое количество природного газа при полном масштабе закачки. Закачка углекислого газа методом Huff-N-Puff – кратковременный метод стимуляции, потому что после короткого периода обработки, выпадение конденсата происходит интенсивней, поскольку текущая газовая смесь возвращает пластовое давление к более высокому давлению точки росы. Изменение смачиваемости и снижение межфазного натяжения показали многообещающий результат с точки зрения уменьшения влияния выпавшего конденсата, но такая обработка эффективна только, когда конденсат расположен около скважины, и не влияет извлекаемость конденсата на удалении от скважины внутри пласта. Гидравлический разрыв и горизонтальные скважины не экономичны. Они обеспечивают задержку времени достижения давления точки росы, но не предотвращают образования конденсатной пробки.

Газоконденсатные коллекторы демонстрируют сложное поведение потока ниже давления точки росы, вызванное изменением состава и созданием и ростом конденсата вокруг скважины, что снижает относительную проницаемость для газового потока [57]. Результаты этого исследования демонстрируют критическую важность эффектов выпадения жидкости в газоконденсатном месторождении.

ВЫВОДЫ

При всем разнообразии условий добычи углеводородного сырья, для газоконденсата возможно выделить одно общее характерное физическое явление – выпадение конденсата в пласте. Например, объем выпавшего в залежи конденсата на Вуктыльском, Оренбургском, Астраханском, Уренгойском месторождениях оценивается в 70–100 млн тонн. Моделирование фильтрационных потоков дает возможность выделить основные физические процессы, влияющие на фильтрацию смеси, оценить их численно, и, в конечном итоге, разработать методы воздействия на газоконденсатную систему для повышения эффективности эксплуатации месторождения. В частности, повышение производительности действующей скважины может быть основано на явлении понижения давления начала конденсации газоконденсата при увеличении в его составе углеводородов «пентан + высшие». Для этого в зоне перфорации добывающей скважины устанавливают регулируемый ультра-фильтр, задерживающий эту фракцию. Таким образом, понижается давление

начала конденсации газоконденсата, что позволяет эксплуатировать скважину с большими депрессиями и, следовательно, с большим дебитом.

Различные сценарии эксплуатации месторождений могут скорректировать состав извлекаемой продукции и количество выпадающего конденсата в пласте. С учетом понимания того, как меняется состав и количество извлекаемых флюидов и выпавшего конденсата в зависимости от стратегии добычи, можно добиться улучшения показателей по добыче из газоконденсатных пластов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (грант № 17-08-01270А).

Библиографический список

1. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. М.: Изд-во МГУ, 1973. 328 с.
2. Тер-Саркисов. Гидротермодинамическое моделирование активных методов разработки ГKM // Нефтегазовое дело, 2015, т.13, №2, С. 68-73.
3. А.Э. Конторович. Пути освоения ресурсов нефти и газа российского сектора Арктики // Вестник Российской академии наук. 2015. Т. 85. № 5–6. С. 420–430.
4. Вяхирев Р.И., Гриценко А.И., Тер-Саркисов Р.М. Разработка и эксплуатация газовых месторождений. М.: Недра, 2002. 880 с.
5. Брусиловский А.И. Многокомпонентная фильтрация газоконденсатных систем в глубокопогруженных залежах // Oil and gas geology, 1997. N. 7. P. 31-38.
6. Гриценко А.И., Ремизов В.В., Тер-Саркисов Р.М., Подюк В.Г., Николаев В.А., Шандрыгин А.Н. Руководство по восстановлению продуктивности газоконденсатных скважин. М.: ВНИИГАЗ, 1995. 65 с.
7. Жузе Т.П. Сжатые газы как растворители. М.: Наука, 1974. 112 с.
8. Намиот А.Ю. Фазовые превращения в добыче нефти. М.: Недра, 1976. 185 с.
9. Степанова Г.С. Фазовые превращения в месторождениях нефти и газа. М.: Недра, 1983. 192 с.
10. Бузинов С.Н., Николаев В.А., Тер-Саркисов Р.М. Одно из направлений повышения отборов нефти и конденсата на объектах газодобывающей отрасли // Проблемы эксплуатации газовых скважин на месторождениях с осложненными горно-геологическими условиями: сб. науч. тр. / ВНИИГАЗ. М., 1980. С. 31-40.
11. Закачка жидких углеводородов в пласт для повышения нефтеконденсатоотдачи / А.И. Гриценко, Р.М. Тер-Саркисов, О.В.

- Клапчук, В.А. Николаев // Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: обзор, информ. М.: ВНИИЭ-Газпром, 1980. Вып. 6. С. 35-45.
12. Макаров Е. С. Исследование способов дополнительного извлечения газоконденсата из ачимовских пластов на гидродинамических моделях / Е.С. Макаров, А.Ю. Юшков, А.С. Романов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2017. Том 3. № 1. С. 79-90.
 13. Прогнозирование сайклинг-процесса с использованием модели Black oil / Закиров С.Н., Брусиловский А.И., Закиров Э.С., Карлинский Е.Д., Смирнов Б.В., Дорошенко Ю.Е., Федотова В.А. // Газовая промышленность. 1998. №7. С. 54-56.
 14. «Скрытая» фильтрация ретроградного конденсата при нагнетании в пласт газообразного растворителя / Р.М. Тер - Саркисов и др. // Проблемы повышения углеводородоотдачи пласта газоконденсатных месторождений: сб. науч. тр. / ВНИИГАЗ. М., 1991. С. 3–11.
 15. 15.Макеев Б.В., Кобилев В.А. Извлечение выпавшего конденсата из модели неоднородного пласта // Тр. ВНИИгаза: Проблемы повышения углеводородоотдачи пласта газоконденсатных месторождений. М.: ВНИИгаз, 1995. С. 40-47.
 16. Технология увеличения газоотдачи и утилизации пластовой воды / С.Н. Закиров, Э.С. Закиров, А.А. Огнев, В.Ф. Петин, Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников, Р.М. Кондрат // Наука и технология углеводородов. 1999. № 2. С. 12-17.
 17. Бураков Ю.Г., Гужов Н. А., Назаров А.В. Численная модель трехфазной фильтрации при водогазовом воздействии на газоконденсатный пласт / Проблемы повышения углеводородоотдачи пласта газоконденсатных месторождений. Тр. ВНИИгаза. – М.: ВНИИгаз, 1991. С. 58–65.
 18. Тер-Саркисов Р.М. Использование обогащенного газа для повышения конденсатоотдачи // Газовая промышленность. 1982. № 10. С. 26–28.
 19. Гриценко А.И., Николаев В.А., Тер-Саркисов Р.М. Компонентоотдача пласта при разработке газоконденсатных залежей. М.: Недра, 1995. 272 с.
 20. Тер-Саркисов Р.М. Повышение углеводородоотдачи пласта нефтегазоконденсатных месторождений. М.: Недра, 1995. 167 с.
 21. Al-Anazi, Hamoud, G. Walker, Jacob & A. Pope, Gary & Sharma, Mukul & F. Hackney, David. A Successful Methanol Treatment in a Gas/condensate Reservoir: Field Application. SPE Production & Facilities. 2005. pp. 60-69.
 22. Fan, L & Harris, B.W. & Jamaluddin, A.J. & Kamath, J & Mott, R & Pope, G.A. & Shandrygin, A & Whitson, Curtis. Understanding gas-condensate reservoirs. Oilfield Rev.. 2005, pp.16-25.
 23. Vo, Hai & Horne, Roland. Compositional Variation Study for Improving Recovery in Gas- Condensate Reservoirs. 2016.
 24. Han Seah, Yong & Gringarten, Alain & Ann Giddins, Marie & Burton,

- Kirsty. Optimising Recovery in Gas Condensate Reservoirs. 2014.
25. Булейко В.М. Закономерности фазовых превращений углеводородных смесей в нефтегазоносных пластах разрабатываемых месторождений (по экспериментальным данным): дис. ... на соискание ученой степени доктора тех.наук. М. 2007 г.
 26. Henderson G. D., Danesh A., Tehrani D., Peden J. M. The Effect of Velocity and Interfacial Tension on the Relative Permeability of Gas Condensate Fluids in the Wellbore Region, Symposium in Vienna, Austria, May 15–17, 1995
 27. Sanaei A., Jamili A., Callard J. University of Oklahoma, Mewbourne School of Petroleum and Geological Engineering, U.S.A. "Effects of non Darcy flow and pore proximity on gas condensate production from nanopor unconventional resources", 2010, p. 505-520
 28. Pingping Shen, Bin Zhu, Xian-Bin Li, Yu-Shu Wu An Experimental Study of the Influence of Interfacial Tension on Water–Oil Two-Phase Relative Permeability, Springer, 2010, p. 505-520
 29. Huseyin Calisgan, Birol Demiral and Serhat Akin An experimental study of near critical gas codensate relative permeability of carbonates, International Symposium of the Society of Core Analysts held in Trondheim, Norway 12-16 September, 2006
 30. Stone H.L. Estimation of three-phase relative permeability and residual oil data // J. Canad. Petrol. Technol. 1973. V. 12, № 4. P. 53-61.
 31. Stone H.L. Probability model for estimating three-phase relative permeability.// J. Petrol. Technol. 1970. V. 22, № 2. P. 214218.
 32. Stone H.L. Rigorous black-oil pseudofunctions.// Paper SPE 21207. -1991.
 33. Amani M., Nguyen N. An Overview of Methods to Mitigate Condensate Banking in Retrograde Gas. Advances in Petroleum Exploration and Development Vol. 9, No. 2, 2015, pp. 1-6
 34. Hosein, R., Dawe, R. A., & Amani, M. (2011). Peng- Robinson equation of state predictions for gas condensate before and after lumping. Journal of Advances in Petroleum Exploration and Development, 2(2), 41-46.
 35. Moradi, B., Malekzadeh, E., Amani, M., Boukadi, F., & Kharrat, R. (2010, June). Bubble point pressure empirical correlation. Paper presented at Trinidad and Tobago Energy Resources Conference, Port of Spain, Trinidad and Tobago.
 36. Engineer, R. Cal Canal field, California: Case history of a tight and abnormally pressured gas condensate reservoir. Paper presented at the SPE California Regional Meeting, Bakersfield, CA. 1985, March.
 37. Afidick, D., Kaczorowski, N. J., Bette, S. Production performance of retrograde gas reservoir: A case study of Arun field. Paper presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference, Melbourne, Australia. 1994, November.
 38. Al-Yami, A. M., Gomez, F. A., Al Hamed, K. I., Al-Buali, M. H. A successful field application of a new chemical treatment in a fluid blocked well in Saudi Arabia. Paper presented at the SPE Saudi

Arabia section Annual Technical Symposium and Exhibition, Khobar, Saudi Arabia. 2013, May.

39. Fan, L., Harris, B. W., Jamaluddin, A., Kamath, J., Mott, R., Pope, G. A., Whitson, C. H. Understanding gascondensate reservoirs. *Oilfield Review*, 2005, 17(4), 14-27.
40. Abel, W., Jackson, R. F., & Wattenbarger, R. A. Simulation of a partial pressure maintenance gas cycling project with a compositional model, Carson Creek Field, Alberta. 1970JPT, 22(1), 38-46.
41. Farzad, I., Amani, M. An analysis of reservoir production strategies in miscible and immiscible gas injection projects. *Advances in Petroleum Exploration and Development*, 2012, 3(1), 1-15.
42. Rostami, R., Amani, M., Alipour, M. Feasibility study of miscible gas injection in a carbonate oil reservoir: A systematic experimental and simulation approach. Paper presented at the Abu Dhabi International Petroleum Conference and Exhibition (ADIPEC), Abu Dhabi, UAE. 2012, November
43. Amini, Sh., Aminshahidy, B., Afshar, M. Simulation study of enhanced condensate recovery in a gas-condensate reservoir. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 8(1), 3-14, 2011.
44. Siregar, S., Hagoort, J., Ronde, H. March Nitrogen Injection vs. Gas Cycling in Rich Retrograde Condensate-Gas Reservoirs. Paper presented at the International Meeting on Petroleum Engineering, Beijing, China, 1992.
45. Зайченко В.М., Качалов В.В., Майков И.Л., Сокол Г.Ф., Торчинский В.М. Математическое и физическое моделирование теплового воздействия на газоконденсатные системы. *Вести газовой науки. Актуальные вопросы исследований пластовых систем месторождений углеводородов. М.: Газпром ВНИИГАЗ. 2013. Т. 1. Вып. 12. С. 66-72.*
46. Odi, U. Analysis and potential of CO₂ Huff-n-Puff for near wellbore condensate removal and enhanced gas recovery. Paper presented at the SPE Annual Technical. Conference and Exhibition, San Antonio, Texas. 2011, October.
47. Ahmed, T., Evans, J., Kwan, R., & Vivian, T. Wellbore liquid blockage in gas-condensate reservoirs. Paper presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Pittsburgh, PA. 1998, November.
48. Li, K., Firoozabadi, A. Experimental study of wettability alteration to preferential gas-wetness in porous media and its effect. *SPE REE*, 2000, 3(2), 139-149.
49. Fahes, M., & Firoozabadi, A. Wettability alteration to intermediate gas-wetting in gas-condensate reservoirs at high temperatures. 2005, October.
50. Liu, Y. J., Zheng, H. W., Li, G. X., Li, G. Q., Li, K. W. Improving production in gas/condensate reservoirs by wettability alteration to gas wetness. Paper presented at the SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma. 2006, April.
51. Alzate, G. A., Franco, C. A., Restrepo, A., Castrillon, J. J. P., Alvarres, D. L. B., Murillo, A. A. E. Evaluation of alcohol-based treatments for condensate banking removal. Paper presented at the SPE Inter-

- national Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana. 2006, February.
52. Al-Anazi, A. H., Xiao, J. J., Al-Eidan, A. A., Buhidma, I. M., Ahmed, M. S., Al-Faifi, M., Assiri, W. J. Gas productivity enhancement by wettability alteration of gas-condensate reservoirs. Paper presented at the European Formation Damage Conference, Scheveningen, the Netherlands. 2007, June.
 53. Al-Anazi, H. A., Walker, J. G., Pope, G. A., Sharma, M. M., Hackney, D. F. A successful methanol treatment in a gas-condensate reservoir: Field application. Paper presented at the SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City, Oklahoma. 2003, March.
 54. Franco, C.A., Romero, R.D.Z., Arango, J.F.Z., Mora, E., Botero, O.F., Candela, C.H., Mejia, A. F. C. Inhibited gas stimulation to mitigate condensate banking and maximize recovery in Cupiagua field. Paper presented at the SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana. 2012, February.
 55. Ignatyev, A.E., Mukminov, I.R., Vikulova, E.A., Pepelyayev, R.V. Multistage hydraulic fracturing in horizontal wells as a method for the effective development of gas-condensate fields in the Arctic region. Paper presented at the SPE Arctic and Extreme Environments Conference & Exhibition held in Moscow, Russia. 2011, October.
 56. Miller N., Nasrabadi, H., Zhu, D. Application of horizontal wells to reduce condensate blockage in gas condensate reservoirs. Paper presented at the CPS/SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition, Beijing, China. 2010, June.
 57. Han Seah, Yong & Gringarten, Alain & Ann Giddins, Marie & Burton, Kirsty. (2014). Optimising Recovery in Gas Condensate Reservoirs. 10.2118/171519-MS.

References

1. Shestakov V.M. Groundwater dynamics. M.: Publishing House of Moscow State University, 1973. 328 p.
2. Ter-Sarkisov. Hydrothermodynamic Modeling of Active Methods for the Development of GCM // Oil and Gas Business, 2015, v. 13, no. 2, p. 68-73.
3. A.E. Kontorovich. Ways of development of oil and gas resources of the Russian sector of the Arctic // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2015. T. 85. № 5–6. Pp. 420–430.
4. Vyakhirev R.I., Gritsenko A.I., Ter-Sarkisov R.M. Development and operation of gas fields. M.: Nedra, 2002. 880 p.
5. Brusilovsky A.I. Multicomponent filtration of gas condensate systems in deep-lying deposits // Oil and gas geology, 1997. №7. P. 31–38.
6. Gritsenko A.I., Remizov V.V., Ter-Sarkisov P.M., Podyuk V.G., Nikolaev V.A., Shandrygin A.N. Guidelines for the recovery of gas condensate wells. M.: VNIIGAZ, 1995. 65 p.
7. Joseph ETC. Compressed gases as solvents. M.: Science, 1974. 112 p.

8. Namiot A.Yu. Phase transformations in oil production. M.: Nedra, 1976. 185 p.
9. Stepanova G.S. Phase transformations in oil and gas fields. -M.: Nedra, 1983.-192 p.
10. Buzinov S.N., Nikolaev V.A., Ter-Sarkisov P.M. One of the ways to increase the extraction of oil and condensate at the gas industry facilities // Problems of operation of gas wells in fields with complicated mining and geological conditions: Coll. scientific tr. / VNI-IGAZ. M., 1980. S. 31-40.
11. Injection of liquid hydrocarbons into the reservoir to increase oil condensate recovery / A.I. Gritsenko, P.M. Ter-Sarkisov, O.V. Klapchuk, V.A. Nikolaev // Development and operation of gas and gas condensate fields: review, inform. M.: VNIIEGazprom, 1980. Vol. 6. From 35-45.
12. E. Makarov. Study of methods for additional extraction of gas condensate from Achimov formations on hydrodynamic models / E.S. Makarov, A. Yu. Yushkov, A. S. Romanov // Tyumen State University Bulletin. Physical and mathematical modeling. Oil, gas, energy. 2017. Volume 3. № 1. P. 79–90.
13. Prediction of a cycling process using the Black oil model / Zakirov S.N., Brusilovsky A.I., Zakirov E.S., Karlinsky E.D., Smirnov B.V., Doroshenko Yu.E., Fedotova V. .BUT. // Gas industry. 1998. №7. WITH . 54-56.
14. "Hidden" filtration of retrograde condensate when a gaseous solvent is injected into the formation / P.M. Ter - Sarkisov and others. // Problems of increasing the hydrocarbon recovery of a reservoir from gas condensate fields: collection of papers. scientific tr. / VNI-IGAZ. M. 1991. p. 3-11.
15. Makeev B.V., Kobilev V.A. Removing Condensate from the Inhomogeneous Formation Model, Tr. VNIlgaza: Problems of increasing coal recovery of gas condensate fields. M.: VNIlgaz, 1995. p. 40-47.
16. Technology for increasing gas recovery and utilization of formation water / S.N. Zakirov, E.S. Zakirov, A.A. Ognev, V.F. Petin, Yu.M. Basarygin, V.F. Budnikov, P.M. Kondrat // Science and technology of hydrocarbons. 1999. № 2. p. 12-17.
17. Burakov Yu.G., Guzhov N.A., Nazarov A.V. Numerical model of three-phase filtration in the case of water-gas impact on a gas-condensate reservoir / Problems of increasing the hydrocarbon recovery of a formation of gas-condensate fields. Tr. VNIlgaz. M.: VNIlgaz, 1991. pp. 58-65.
18. Ter-Sarkisov P.M. Use of enriched gas to increase condensate recovery // Gas industry. 1982. № 10. p. 26–28.
19. Gritsenko A.I., Nikolaev V.A., Ter-Sarkisov P.M. Component recovery in the development of gas condensate deposits. - M.: Nedra, 1995. - 272 p.
20. Ter-Sarkisov P.M. Increased hydrocarbon recovery of oil and gas condensate fields. M.: Nedra, 1995. 167 p.
21. Al-Anazi, Hamoud, G. Walker, Jacob & A. Pope, Gary & Sharma, Mukul & F. Hackney, David. A Successful Methanol Treatment in

- a Gas/condensate Reservoir: Field Application. SPE Production & Facilities. 2005. pp. 60-69.
22. Fan, L & Harris, B.W. & Jamaluddin, A.J. & Kamath, J & Mott, R & Pope, G.A. & Shandrygin, A & Whitson, Curtis. Understanding gas-condensate reservoirs. Oilfield Rev.. 2005, pp.16-25.
 23. Vo, Hai & Horne, Roland. Compositional Variation Study for Improving Recovery in Gas- Condensate Reservoirs. 2016.
 24. Han Seah, Yong & Gringarten, Alain & Ann Giddins, Marie & Burton, Kirsty. Optimising Recovery in Gas Condensate Reservoirs. 2014.
 25. Buleiko V.M. Patterns of phase transformations of hydrocarbon mixtures in oil and gas reservoirs of the developed fields (according to experimental data). Diss. for the degree of doctor of technical science. M. 2007
 26. Henderson G. D., Danesh A., Tehrani D., Peden J. M. The Effect of Velocity and Interfacial Tension on the Relative Permeability of Gas Condensate Fluids in the Wellbore Region, Symposium in Vienna, Austria, May 15- 17, 1995
 27. Sanaei A., Jamili A., Callard J. University of Oklahoma, Mewbourne School of Petroleum and Geological Engineering, U.S.A. "Effects of non Darcy flow and pore proximity on gas condensate production from nanopor unconventional resources", 2010, p. 505-520
 28. Pingping Shen, Bin Zhu, Xian-Bin Li, Yu-Shu Wu An Experimental Study of the Influence of Interfacial Tension on Water–Oil Two-Phase Relative Permeability, Springer, 2010, p. 505-520
 29. Huseyin Calisgan, Birol Demiral and Serhat Akin An experimental study of near critical gas codensate relative permeability of carbonates, International Symposium of the Society of Core Analysts held in Trondheim, Norway 12-16 September, 2006
 30. Stone H.L. Estimation of three-phase relative permeability and residual oil data.// J. Canad. Petrol. Technol. 1973. V. 12, № 4. P. 53–61.
 31. Stone H.L. Probability model for estimating three-phase relative permeability.// J. Petrol. Technol. 1970. V. 22, № 2. P. 214218.
 32. Stone H.L. Rigorous black-oil pseudofunctions // Paper SPE 21207. 1991.
 33. Amani M., Nguyen N. An Overview of Methods to Mitigate Condensate Banking in Retrograde Gas. Advances in Petroleum Exploration and Development Vol. 9, No. 2, 2015, pp. 1–6
 34. Hosein, R., Dawe, R. A., & Amani, M. (2011). Peng- Robinson equation of state predictions for gas condensate before and after lumping. Journal of Advances in Petroleum Exploration and Development, 2(2), 41-46.
 35. Moradi, B., Malekzadeh, E., Amani, M., Boukadi, F., & Kharrat, R. (2010, June). Bubble point pressure empirical correlation. Paper presented at Trinidad and Tobago Energy Resources Conference, Port of Spain, Trinidad and Tobago.
 36. Engineer, R. Cal Canal field, California: Case history of a tight and abnormally pressured gas condensate reservoir. Paper presented

- at the SPE California Regional Meeting, Bakersfield, CA. 1985, March.
37. Afidick, D., Kaczorowski, N. J., Bette, S. Production performance of retrograde gas reservoir: A case study of Arun field. Paper presented at the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference, Melbourne, Australia. 1994, November.
 38. Al-Yami, A. M., Gomez, F. A., Al Hamed, K. I., Al-Buali, M. H. A successful field application of a new chemical treatment in a fluid blocked well in Saudi Arabia. Paper presented at the SPE Saudi Arabia section Annual Technical Symposium and Exhibition, Khobar, Saudi Arabia. 2013, May
 39. Fan, L., Harris, B. W., Jamaluddin, A., Kamath, J., Mott, R., Pope, G. A., Whitson, C. H. Understanding gascondensate reservoirs. *Oilfield Review*, 2005, 17(4), 14-27.
 40. Abel, W., Jackson, R. F., & Wattenbarger, R. A. Simulation of a partial pressure maintenance gas cycling project with a compositional model, Carson Creek Field, Alberta. 1970JPT, 22(1), 38-46.
 41. Farzad, I., Amani, M. An analysis of reservoir production strategies in miscible and immiscible gas injection projects. *Advances in Petroleum Exploration and Development*, 2012, 3(1), 1-15.
 42. Rostami, R., Amani, M., Alipour, M. Feasibility study of miscible gas injection in a carbonate oil reservoir: A systematic experimental and simulation approach. Paper presented at the Abu Dhabi International Petroleum Conference and Exhibition (ADIPEC), Abu Dhabi, UAE. 2012, November
 43. Amini, Sh., Aminshahidy, B., Afshar, M. Simulation study of enhanced condensate recovery in a gas-condensate reservoir. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 8(1), 3-14, 2011.
 44. Siregar, S., Hagoort, J., Ronde, H. March Nitrogen Injection vs. Gas Cycling in Rich Retrograde Condensate-Gas Reservoirs. Paper presented at the International Meeting on Petroleum Engineering, Beijing, China, 1992.
 45. Zaichenko V.M., Kachalov V.V., Maikov I.L., Sokol GF, Torchinsky V.M. Mathematical and physical modeling of thermal effects on gas condensate systems. *Lead gas science. Topical issues of studies of reservoir systems of hydrocarbon deposits. M.: Gazprom VNIIGAZ. - 2013. - V. 1. - Vol. 12. - p. 66-72.*
 46. Odi, U. Analysis and potential of CO₂ Huff-n-Puff for near wellbore condensate removal and enhanced gas recovery. Paper presented at the SPE Annual Technical. Conference and Exhibition, San Antonio, Texas. 2011, October.
 47. Ahmed, T., Evans, J., Kwan, R., & Vivian, T. Wellbore liquid blockage in gas-condensate reservoirs. Paper presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Pittsburgh, PA. 1998, November.
 48. Li, K., Firoozabadi, A. Experimental study of wettability alteration to preferential gas-wetness in porous media and its effect. *SPE REE*, 2000, 3(2), 139-149.
 49. Fahes, M., & Firoozabadi, A. Wettability alteration to intermediate

- gas-wetting in gas-condensate reservoirs at high temperatures. 2005, October.
50. Liu, Y. J., Zheng, H. W., Li, G. X., Li, G. Q., Li, K. W. Improving production in gas/condensate reservoirs by wettability alteration to gas wetness. Paper presented at the SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma. 2006, April.
 51. Alzate, G. A., Franco, C. A., Restrepo, A., Castrillon, J. J. P., Alvarez, D. L. B., Murillo, A. A. E. Evaluation of alcohol-based treatments for condensate banking removal. Paper presented at the SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana. 2006, February.
 52. Al-Anazi, A. H., Xiao, J. J., Al-Eidan, A. A., Buhidma, I. M., Ahmed, M. S., Al-Faifi, M., Assiri, W. J. Gas productivity enhancement by wettability alteration of gas-condensate reservoirs. Paper presented at the European Formation Damage Conference, Scheveningen, the Netherlands. 2007, June.
 53. Al-Anazi, H. A., Walker, J. G., Pope, G. A., Sharma, M. M., Hackney, D. F. A successful methanol treatment in a gas-condensate reservoir: Field application. Paper presented at the SPE Production and Operations Symposium, Oklahoma City, Oklahoma. 2003, March.
 54. Franco, C. A., Romero, R. D. Z., Arango, J. F. Z., Mora, E., Botero, O. F., Candela, C. H., Mejia, A. F. C. Inhibited gas stimulation to mitigate condensate banking and maximize recovery in Cupiagua field. Paper presented at the SPE International Symposium and Exhibition on Formation Damage Control, Lafayette, Louisiana. 2012, February.
 55. Ignatyev, A. E., Mukminov, I. R., Vikulova, E. A., Pepelyayev, R. V. Multistage hydraulic fracturing in horizontal wells as a method for the effective development of gas-condensate fields in the Arctic region. Paper presented at the SPE Arctic and Extreme Environments Conference & Exhibition held in Moscow, Russia. 2011, October.
 56. Miller N., Nasrabadi, H., Zhu, D. Application of horizontal wells to reduce condensate blockage in gas condensate reservoirs. Paper presented at the CPS/SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition, Beijing, China. 2010, June.
 57. Han Seah, Yong & Gringarten, Alain & Ann Giddins, Marie & Burton, Kirsty. Optimising Recovery in Gas Condensate Reservoirs. 2014

**Рукопись поступила в редакцию 15.07.2019,
принята к публикации 02.09.2019**

Об авторах

Волохова Алина Викторовна – младший научный сотрудник – Объединенный институт ядерных исследований – 141980, Московская обл, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6 – volokhova@jinr.ru – +7(49621)63959.

- Земляная Елена Валериевна – доктор физ.-мат. наук – начальник сектора – Объединенный институт ядерных исследований – 141980, Московская обл, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6 – elena@jinr.ru – +7(49621)64728.
- Качалов Владимир Викторович – кандидат технических наук – старший научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН – 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2 – ongk@mail.ru – 8-495-485-91-45.
- Сокотущенко Вадим Николаевич – кандидат технических наук – ведущий инженер Объединенного института высоких температур РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2; sokotushenko@mail.ru – 8-962-951-53-52.

About the authors

- Volokhova Alina Viktorovna – Junior researcher – Joint Institute for Nuclear Research – 141980, Moscow region, Dubna, Joliot-Curie street, 6 – volokhova@jinr.ru – +7(49621)63959. ScopusID: 56505574900
- Zemlyanaya Elena Valerievna – doctor of physics and mathematics – head of sector – Joint Institute for Nuclear Research – 141980, Moscow region, Dubna, Joliot-Curie street, 6
elena@jinr.ru – +7(49621)64728. ScopusID: 6701729810
- Kachalov Vladimir Viktorovich – candidate of technical sciences, senior researcher of the United Institute for high temperatures, Russian Academy of Sciences – 125412, Moscow, Izhorskaya str., 13, p. 2 – ongk@mail.ru – 8-495-485-91-45. ScopusID: 6701510830
- Sokotuschenko Vadim Nikolaevich – candidate of technical Sciences – leading engineer of the United Institute for high temperatures, Russian Academy of Sciences – 125412, Moscow, Izhorskaya str. – sokotushenko@mail.ru – 8-962-951-53-52. ScopusID: 57192655832.

25.00.24
УДК 314.9

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Белозеров В.С.,
Гладилин А.В.,
Щитова Н.А.,
Черкасов А.А.

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь,
Россия
cherkasov_stav@mail.ru

ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ- СОПРОВОЖДЕНИЕ МИГРАЦИОННЫХ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ТЕХНОЛОГИИ, МЕТОДЫ, БАЗЫ ДАННЫХ

Введение.

В статье проанализирована методология геоинформационно-картографического сопровождения исследований миграционных и демографических процессов. На основе международного и собственного опыта разработаны технологические особенности применения ГИС-технологий для организации и управления большими данными (big data). В качестве наиболее эффективного метода пространственного анализа данных предлагается полимасштабный мониторинг, основанный на применении геоинформационных практик, позволяющих не только качественно аккумулировать информацию, но и визуализировать ее. Коллектив авторов на протяжении многих лет занимается изучением миграционных и социально-демографических процессов в России, активно использует в качестве сопровождения исследований геоинформационно-картографические подходы, разрабатывает картографические материалы [2].

**Материалы и методы
исследования.**

Дан подробный анализ источников и видов информации, наполняющих базу пространственных данных, в качестве которых использованы данные текущего учета населения (государственный комитет статистики), данные национальных переписей населения, информация, полученная в ходе социологических обследований и обработки талонов прибытия и выбытия за длительный период времени. Информация систематизирована по блокам, что упрощает в дальнейшем обработку данных и получение аналитических и картографических отчетов.

**Результаты исследований
и их обсуждение.**

Дан анализ методов и способов картографической визуализации, используемые для сопровождения исследований: центрографический и типологический метод и др. Подготовленный за период исследования миграционных и социально-демографических процессов картографический материал, систематизирован в виде картографической базы данных. Данный подход позволяет качественно хранить полученные результаты и дает возможность оперативно использовать в научных исследованиях и в практической работ.

**Основные выводы
и дискуссия:**

Методология геоинформационного мониторинга демо-миграционных процессов апробирована и доказана ее результативность, что отражено в серии опубликованных изданий «Миграционные процессы в России. Атлас» [2], «Этнический атлас Ставропольского края» [3], «Этнические аспекты урбанизации в России» [9].

Ключевые слова:

миграционные процессы, социально-демографические процессы, геоинформационно-картографическое обеспечение, геоинформационный мониторинг, базы данных.

Belozerov V.S.,
Gladilin A.V.,
Shitova N.A.,
Cherkasov A.A.

North-Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia
cherkasov_stav@mail.ru

GEOINFORMATION-CARTOGRAPHIC SUPPORT MIGRATION AND POPULATION STUDIES: TECHNOLOGY, METHODS, DATABASES

The article analyzes the methodology of geoinformation and cartographic support of studies of migration and demographic processes. On the basis of international and in-house experience developed technological features of GIS technology for the organization and management of big data (big data).

As the most effective method of spatial data analysis, multi-scale monitoring is proposed, based on the application of geoinformation practices that allow not only qualitatively accumulate information, but also visualize it. The team of authors has been studying migration and socio-demographic processes in Russia for many years, actively uses geographic information and cartographic approaches as research support, develops cartographic materials [2].

Materials and methods

of research:

A detailed analysis of the sources and types of information that fill the database of spatial data, which are used as the data of current population records (state statistics Committee), national census data, information obtained in the course of sociological surveys and processing of arrival and departure coupons for a long period of time. The information is systematized by blocks, which simplifies further data processing and obtaining analytical and cartographic reports.

The results of the research

and their discussion: The analysis of the methods and methods of cartographic visualization used to support research: the centrographic and typological method, etc. Prepared during the study of migration and socio-demographic processes cartographic material is systematized in the form of a cartographic database. This approach allows you to store the results and allows you to quickly use in research and practice.

The main conclusions

and discussion: The methodology of geoinformation monitoring of demo-migration processes has been tested and proved its effectiveness, which is reflected in the series of published publications «Migration processes in Russia. Atlas» [2], «Ethnic Atlas of Stavropol Krai» [3], «Ethnic aspects of urbanization in Russia» [9].

Key words:

migration processes, socio-demographic processes, geoinformation and cartographic support, geoinformation monitoring, databases.

ВВЕДЕНИЕ

Миграционные и социально-демографические процессы вызывают интерес у исследователей во всем мире, при этом работы ведутся по разным аспектам: историческим, социальным, экономическим, этническим, урбанизационным и др. В этом ключе активно работают географы, которые уделяют пристальное внимание пространственному анализу миграционных потоков, их влиянию на социального-демографические процессы.

Как известно карта – это второй «язык» географической науки, позволяющий выявить территориальные особенности процессов и явлений.

Развитие и широкое распространение геоинформационных технологий обеспечило появление новых возможностей для сбора, систематизации и картографирования больших массивов разнообразной информации. ГИС-технологии позволили проводить исследования на качественно новом уровне, оперативно обрабатывая большие объемы информации и создавая Big Data, Использование геоинформационно-картографических технологий при изучении миграционных и социально-демографических процессов многократно усиливает исследовательский потенциал и способствует получению нетривиальных результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Было проанализировано большое количество разработок мирового уровня, использующих результаты геоинформационного обеспечения для поддержки исследований в области социальной проблематики, что и послужило основной информационной базой предлагаемого исследования. Анализ показал, что чаще всего данная методология реализуется при подготовке атласов, и специализированных информационных сайтов.

Наиболее яркие примеры использования ГИС-технологий при изучении социальных процессов демонстрируют французские исследователи. Группа ученых под руководством Philippe Rekacewicz на протяжении длительного времени участвует в проекте картографического издания журнала *Le Monde diplomatique*, в котором много материалов посвящено миграционным и демографическим процессам. Предлагаемые карты не просто иллюстрируют полученные выводы, но несут глубоко аналитический характер. Уникальный авторский стиль их картографических произведений обеспечивает непосредственную узнаваемость руки автора и может рассматриваться как объект искусства [5]. Большой «Atlas On Regional A Integration In West Africa», подготовленный другой группой французскими исследователями под руководством Laurenta Bossarda, отражает миграционные процессы между странами Западной Африки и другими странами мира [15]. В фундаментальной работе «The Atlas of Migration in Europe» Olivier Clochard осмысляет роль Европейского Союза как политического убежища для мигрантов [18]. Сюжетная линия исследования сопровождается необычными картографическими материала-

ми. Здесь, помимо общераспространённых, представлены карты, характеризующие международные соглашения в области миграции, отражающие барьеры и «стены» между странами, демонстрирующие сюжеты о нелегальной и вынужденной миграции.

Развёрнутое картографическое сопровождение миграционных процессов в Германии и Евросоюзе репрезентировано в работе немецких авторов Antje Kiss, Dr. Harald Lederer «Atlas on Migration, Integration and Asylum» [17].

Особый интерес представляет «Атлас международных миграций» («An Atlas of International Migration»), разработанный международной группой авторов. В атласе рассматривается история добровольных и вынужденных миграций за всю историю человечества, а также современные миграции, в частности трудовая, образовательная. Туристская [10].

Важно отметить что в ряде стран были подготовлены и изданы комплексные национальные атласы (например, Национальные атласы Испании, Бразилии, России, Белоруссии и др.). Отдельные разделы в таких изданиях традиционно посвящены населению, а также включают сюжеты о миграционных и социально-демографических процессах в своих странах.

Современные геоинформационные технологии открывают широкие возможности представления и обработки данных о населении в электронном формате. В ряде стран материалы национальных переписей и текущего учета населения трансформированы в виде интерактивных карт, с возможностью визуализировать различную тематическую информацию. Так, например, сайт New York Times позволяет отобразить количественные данные о лицах, родившегося за пределами США, в разрезе их национальности по муниципалитетам [19]. Международная организация по миграции (МОТ) владеет интерактивной картой, на которой показывается актуальное число мигрантов по странам мира.

Важным информационным источником данного исследования явились материалы, связанные с технологическими особенностями организации и управления пространственными данными с использованием ГИС-технологий, в частности, труды зарубежных и российских ученых М.-Я. Краак, Ф. Ормелинга [13], Р. Томлинсона [14], В. С. Тикунова [8], И. К. Лурье [6] и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Коллектив авторов на протяжении многих лет занимается изучением миграционных и социально-демографических процессов в России, активно используя в качестве сопровождения исследований геоинформационно-картографические подходы, разрабатывает разнообразные картографические материалы (например, Атлас Миграционные процессы, Этнический атлас Ставропольского края и др.). Понимание того, что информация является стратегическим ресурсом управления, а получение достоверной и

своевременной информации о состоянии социальных процессов приобретает чрезвычайное значение, потребовало поиска новых форм картографическо-геоинформационного обеспечения исследований с целью получения разномасштабных пространственных данных, сопровождающихся графо-картографическими моделями. Одним из ответов на данный вызов представляют предложения по разработке систем геоинформационного мониторинга.

Основными задачами ГИС-мониторинга являются:

- организация систематических наблюдений для сбора объективной и детальной информации о состоянии социальных-демографических процессов на конкретных территориях;
- оценка и системный анализ получаемой информации, выявление факторов их пространственно-временных трансформаций;
- обеспечение доступности информации для различных ведомств, структур и граждан;
- разработка прогнозов развития социально-демографической ситуации;
- подготовка рекомендаций, направленных на преодоление негативных и поддержку позитивных тенденций, доведение их до сведения соответствующих органов власти.

Мониторинг предполагает возможность оперирования разномасштабной пространственной информацией на уровне страны, региона, муниципалитета, поселения (рис. 1). Главная задача странового уровня – проследить общие тенденции развития. На других уровнях отслеживается специфика, территориальные особенности, преломление общих направлений в конкретных обстоятельствах. Данный подход опирается на классические географические подходы учета глобальных и регионально-локальных обстоятельств, «оперирования масштабами-рангами территории в рамках конкретного объекта исследования для определения пространственных закономерностей, явлений и процессов» [1].

Авторским коллективом научно-образовательного центра «Народонаселения и ГИС-технологий» в Северо-Кавказском федеральном университета разработаны системы геоинформационного мониторинга этнодемографических и миграционных процессов в Ставропольском крае, для которых используется общая методология, опирающаяся на структурно-функциональный, атрибутивный и полимасштабный подходы [7, 2].

Структурно-функциональный подход позволяет определить структуру, механизмы, внешние и внутренние условия функционирования разрабатываемой системы. Фундаментальными принципами её работы являются: ие-

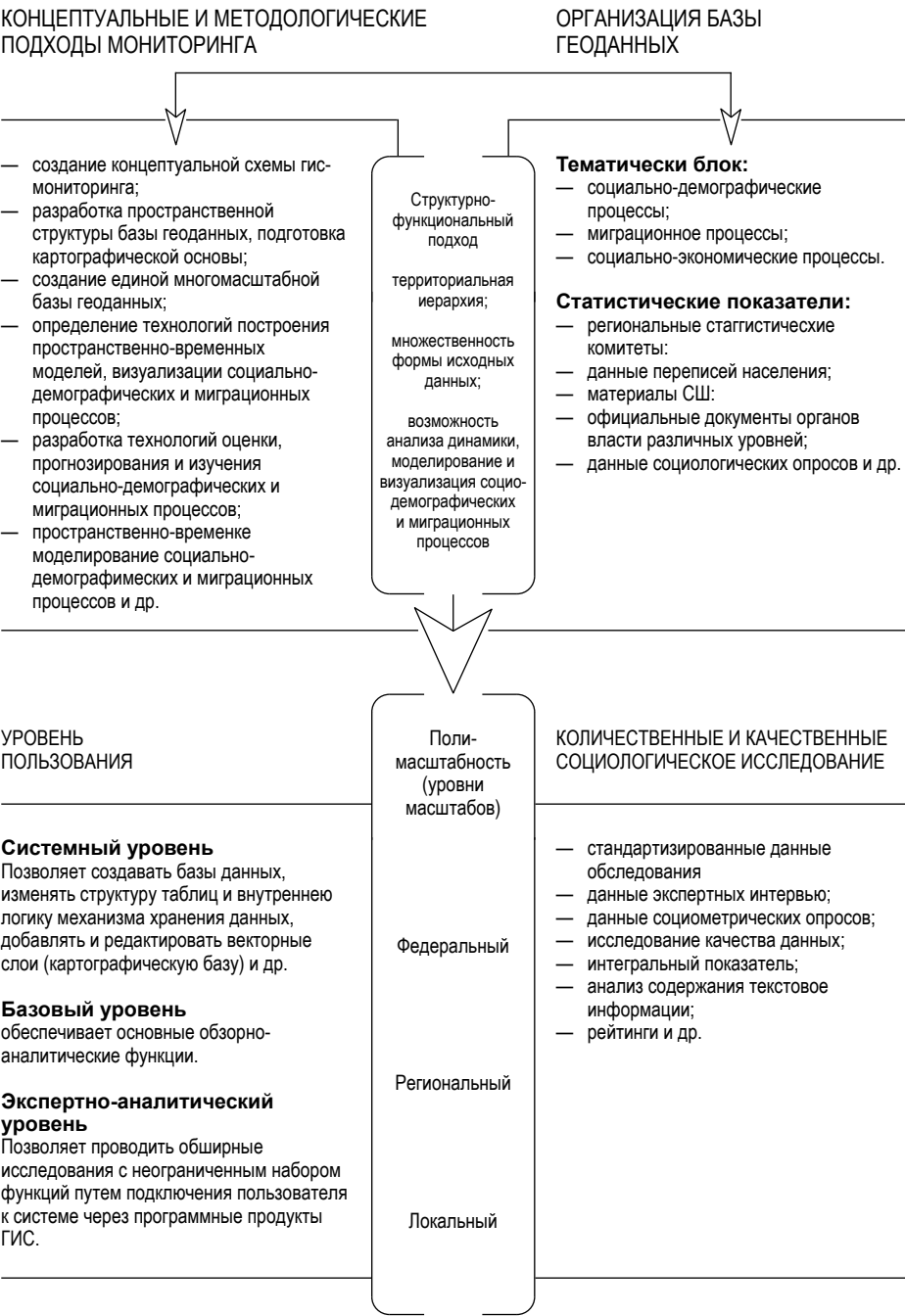


Рис. 1. Схема организации картографо-геоинформационного обеспечения исследований миграционных и социально-демографических процессов.
Fig. 1. The scheme of organization of cartographic and geographic information support for research on migration and socio-demographic processes.

рархичность территориальных уровней, множественность форм исходных данных, возможность анализа динамики, моделирования и визуализации социально-демографических и миграционных процессов.

Атрибутивный подход обеспечивает разработку концептуально-методологической основы мониторинга и реализуется в 5 этапов:

- 1) создание концептуальной схемы мониторинга, построение его логической структуры, разработка модулей, обрабатывающих и интегрирующих статистические данные и результаты социологических исследований, анализа и прогнозирования ситуации на основе полученных баз данных, визуализации информации по результатам анализа и прогнозирования;
- 2) разработка структуры пространственной базы геоданных, подготовка картографической основы странового, регионального, муниципального или поселенческого уровней;
- 3) создание единой полимасштабной базы геоданных, состоящей из различных тематических блоков в зависимости от общей задачи;
- 4) определение технологий построения пространственно-временных моделей, визуализации анализируемых процессов;
- 5) разработка технологий оценки, прогноза и экспертизы исследуемых явлений для разных территориальных уровней [7].

Важно отметить что полноценная реализация функции полимасштабности возможно только в случае наличия необходимой статистической информации. Организация процесса этнодемографического или миграционного мониторинга требует наличия достаточно большого списка динамических, связанных между собой показателей (рождаемость, смертность, естественный прирост, миграционные параметры, этнический состав и структура населения, показатели половозрастной структуры и т.д.) К сожалению, вопросы об этнической принадлежности исключены из перечня статистических учетов населения России в последние годы, что не позволяет уловить многие важные для страны изменения. Еще одна важная проблема – качественное обеспечение данными на муниципальном и поселенческом уровне. Авторы решают эту задачу путем обработки талонов прибытия/выбытия, фонд которых по Ставропольскому краю создан на базе НОЦ «Народонаселения и ГИС-технологий» и содержит данные за три последние десятилетия.

Кроме статистических данных системы мониторинга предусматривает использование результатов социологических обследований, сочетающих массовые социометрические опросы населения с глубинными интервью, эк-

спертными опросами и фокус-групповыми исследованиями. Основной целью социологических изысканий является выявление наиболее проблемных локусов при оценке степени социально-демографических и этнокультурных неравенств, установлении факторов и уровней социальной напряженности, связанной с взаимоотношениями местного населения и мигрантов. Использование социологических методик позволяет установить:

- представления населения об уровне и качестве жизни в данном населенном пункте, регионе;
- мнения населения о степени выраженности основных социальных проблем (бедности, безработицы, преступности, коррупции и др.) и возможных путях, способах их решения;
- характер и проблемы адаптации и интеграции мигрантов;
- локальные очаги социальной напряженности и возможные пути ее снятия;
- различия в представлениях и ценностях разных социальных и демографических групп населения.

Обработка талонов прибытия и выбытия, социологических материалов проводится с помощью специально созданных модулей «Анкета»¹ и «Миграция»², позволяющих не только накапливать и группировать данные, но и интегрировать их в ГИС, картографировать, осуществлять пространственную интерпретацию, проводить корреляцию со статистическими показателями и разнообразными аналитическими материалами.

Базы данных для систем геоинформационного мониторинга демографических и миграционных процессов Ставропольского края организованы по трем тематическим блокам: «Социально-демографические процессы», «Миграционные процессы», «Социально-экономические процессы». Данные в каждом блоке систематизированы по выделенным пространственным уровням и, содержат наиболее востребованные показатели.

В блоке «Социально-демографические процессы» собраны данные переписей населения РСФСР 1959, 1970, 1979, 1989 гг. и РФ 2002 и 2010 гг. и данные Росстата за 2011–2018 гг.), данные социологических опросов.

Блок «Миграционные процессы» содержит сведения Росстата о численности, территориальных перемещениях, социально-демографических и этнических параметрах мигрантов до 2018 г., материалы, полученные в ходе социологических опросов.

В блоке «Социально-экономические процессы» собраны данные, характеризующие образ жизни и качество жизни населения за последние 10 лет. В качестве источников информации использованы данные Росстата, материалы социологических опросов и документов территориального планирования.

Предлагаемая структура базы данных предусматривает возможность их преобразования, сопоставления и интеграции.

Наилучшим базовым программным пакетом для геоинформационного сопровождения мониторинга является, по нашему мнению, ESRI ArcGIS Desktop, который отвечает всем необходимым требованиям и обеспечивает возможность функционирования мониторинговой системы на трех пользовательских уровнях – системном, базовом и экспертном [7, 2].

Системный уровень позволяет трансформировать базы данных, изменять структуру таблиц и внутреннюю логику механизма хранения данных, добавлять и изменять векторные слои, выполнять резервные копии, расширять возможности пользователей, работающих с Интернетом страницы и др. Этот уровень необходим для обслуживания и поддержания правильной работы системы мониторинга.

Базовый уровень обеспечивает выполнение основных функций накопления данных и их пространственного анализа:

- создание актуальных карт в соответствии с определенными шаблонами на основе информации, хранящейся в базе данных;
- добавление новых материалов в базы данных;
- проведение первичного пространственно-временного анализа социально-демографических, этнодемографических, миграционных, процессов на различных территориальных уровнях.

Экспертный уровень предназначен для наиболее продвинутых пользователей и создаёт возможности проведения расширенного анализа с неограниченным набором функций и подключения к системе через программные продукты.

На выявление пространственно-временных и типологических особенностей миграционных и демографических процессов ориентированы технологии геоинформационно-картографического моделирования. Центрографические модели позволяют определять ключевые центры тяжести тех или иных этно-демо-миграционных процессов, векторы их территориальной активности, выявлять зоны миграционной привлекательности. Геоинформационные модели на основе традиционных картографических методов (качественного и

1 Программный комплекс «Анкета» (зарегистрирован Отраслевым фондом алгоритмов и программ России, свидетельство отраслевой регистрации разработки № 2358 и 2826).

2 Автоматизированный комплекс «Миграция». М.: ВНИИЦ, 2–3. №50200300811.

количественного фона, ареалов, картодиаграмм, диапазонов значений, столбчатых и круговых диаграмм, градуированных символов, плотности точек и т.д.) дают возможности построения нестандартных изображений, демонстрирующих распределение и структуру миграционного прироста, пространственные аспекты миграционного поведения отдельных этнодемографических групп населения и их миграционной активности. Интересные картографические модели демографических и миграционных процессов получаются при построении анаморфотных изображений³.

Комплексное применение различных методов с использованием интегральных показателей позволяет создавать синтетические карты, отражающие действие нескольких основных факторов, например, для выявления центров и зон миграционной активности населения, определения социально-демографического потенциала территорий и т.д.

ВЫВОДЫ

Геоинформационно-картографическое сопровождение исследований миграционных и демографических процессов представляет собой систему методов и подходов, обеспечивающих хранение, накопление и обработку атрибутивной информации об исследуемой территории в едином хранилище данных, в результате обработки которых становится возможным подготовка картографических моделей, позволяющих на более высоком уровне проводить исследования и демонстрировать их результаты.

В качестве наиболее эффективной методологии геоинформационно-картографического сопровождения предлагаются системы геоинформационного мониторинга демографических и миграционных процессов, синтезирующие такие важнейшие функции как наблюдение, анализ, оценка, прогнозирование и управление. По своей сути данные мониторинговые системы являются составной частью информационного обеспечения процесса управления территориальным развитием региона, муниципалитета или поселения.

Объединение объективных и субъективных источников информации, интеграция количественных и качественных показателей в сочетании с возможностями многогранного пространственно-временного анализа является действенным инструментом региональной политики.

3 Методы апробированы в рамках гранта РФФИ 18-35-00173 «Полимасштабный геоинформационный мониторинг трансформации этнической структуры населения городской и сельской местности в России».

Методология геоинформационного мониторинга демо-миграционных процессов апробирована и доказана ее результативность, что отражено в серии опубликованных изданий «Миграционные процессы в России. Атлас» [3], «Этнический атлас Ставропольского края» [4], «Этнические аспекты урбанизации в России» [9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алаев Э.Б. Социально-экономическая география: понятийно-терминологический словарь // М.: Мысль 1983. 350 с.
2. Андрианов В. Ю. Возможности моделирования данных в ГИС: попытка сравнения // ArcReview. 2011. № 1(56).
3. Белозеров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Чихичин В.В., Фурщик М.А., Черкасов А.А., Гусаков Е.А., Белозерова Л.П., и др. Миграционные процессы в России: Атлас [Иллюстрации] // Ставрополь: изд-во СГУ, 2011. 52 с.: ил.
4. Белозеров В.С., Панин А.Н., Приходько Р.А., Чихичин В.В., Черкасов А.А. Этнический атлас Ставропольского края. Ставрополь: изд-во ФОК-Юг, 2014. 314 с.: ил.
5. Греш А., Радвань Ж., Рекацевич Ф., Самари К. Le Monde diplomatique. Дополнительная глава о России Атлас. 2010. 224 с.
6. Лурье И.К., Самсонов Т.Е. Структура и содержание базы пространственных данных для мультимасштабного картографирования // Геодезия и картография. 2010. № 11. С. 17-23.
7. Тикунов В.С., Белозеров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Черкасов А.А. Геоинформационный мониторинг: инструмент пространственно-временного анализа миграции населения // Вестник Московского университета Серия 5 География №2 2015 г. С. 33-39.
8. Тикунов В.С. Моделирование в картографии / В.С. Тикунов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 405 с.
9. Черкасов А.А. Этнические аспекты урбанизации в России – Ставрополь: изд-во ФОК-Юг, 2016. 240 с.: ил.
10. An Atlas of International Migration. By Aaron Segal. London: Hans Zell Publishers, 1993.
11. Gusein-Zade S. M., Tikunov V. S. 2015. Visualisation in non-Euclidean metrics. Chinese University of Hong Kong Hong Kong, 213 p.
12. Olivier Clochard, The Atlas of Migration in Europe. 2013.
13. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопро пространственных данных. М.: Научный мир, 2005. 325 с.
14. Tomlinson, R. Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. Redlands; California: ESRI Press, 2003. 325 p.
15. http://www.fao.org/nr/clim/docs/clim_080502_en.pdf // Atlas On

Regional A Integration In West Africa (Атлас по региональной интеграции в Западной Африке. серия населения). Дата доступа 05.07.2019.

16. http://www.migreurop.org/IMG/pdf/atlasofmigration_sample.pdf // Atlas of Migration in Europe. Дата доступа 05.07.2019.
17. http://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/EN/Publikationen/EMN/Politikberichte/emn-politikbericht-2017-germany.pdf?__blob=publicationFile // Atlas on Migration, Integration and Asylum. Дата доступа 05.07.2019.
18. <https://www.iom.int/sites/default/files/about-iom/gender/Atlas-of-Environmental-Migration.pdf> // An Atlas of International Migration.
19. <https://www.nytimes.com/interactive/2015/07/08/us/census-race-map.html> // Mapping Segregation. New York Times. Дата доступа 05.07.2019.

REFERENCES

1. Alaev E.B. Ekonomiko-Geograficheskaya Terminologiya (Economic and Geographical Terminology). Moscow. Mysl, 1983. 350 p. (in Russian).
2. Andrianov V. YU. Vozmozhnosti modelirovaniya dannyh v GIS: popytka sravneniya (Possibility of modeling data in a GIS: a comparative view) // ArcReview. 2011. № 1 (56). (in Russian).
3. Belozarov V.S., Shchitova N.A., Panin A.N., Chihichin V.V., Furshchik M.A., Cherkasov A.A., Gusakov E.A., Belozerova L.P., i dr. Migracionnye processy v Rossii: Atlas (Migration processes v Rossii: Atlas) // – Stavropol': izd-vo SGU, 2011. 52 s.: il. (in Russian).
4. Belozarov A.A., Panin A.N., Prihod'ko R.A., Chihichin V.V., Cherkasov A.A. Jetnicheskij atlas Stavropol'skogo kraja (Ethnic Atlas of the Stavropol Territory) // – Stavropol': izd-vo FOK-Jug, 2014. – 314 p.: il. (in Russian).
5. Gresh A., Radvan'i ZH., Rekacevich F., Samari K. Le Monde diplomatique. Dopolnitel'naya glava o Rossii Atlas. (Le Monde diplomatique. An additional Chapter on Russia Atlas) 2010. 224 s. (in Russian).
6. Lur'e I.K., Samsonov T.E. Struktura i sodержanie bazy prostranstvennyh dannyh dlya mul'timasshtabnogo kartografirovaniya (Structure and content of the spatial database for multiscale mapping) // Geodeziya i kartografiya. 2010. № 11. S. 17-23. (in Russian).
7. Tikunov V.S., Belozarov, V.S., Shitova N.A. Panin A.N., Cherkasov A.A. Geoinformational monitoring: a tool for spatial-temporal analysis of migration of population (Geoinformation monitoring: a tool for spatial and temporal analysis of population migration) // Bulletin of Moscow University, Series 5, Geography, №2. M. 2015, pp. 33-39. (in Russian).
8. Tikunov V.S. Modelirovanie v kartografii (Modeling in cartography) // V.S. Tikunov. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1997. – 405 s.

9. Cherkasov A.A. Ehtnicheskie aspekty urbanizacii v Rossii (Ethnic Aspects of Urbanization in Russia). Stavropol': izd-vo Fok-Yug, 2016. – 240 p. (in Russian).
10. An Atlas of International Migration. By Aaron Segal. London: Hans Zell Publishers, 1993.
11. Gusein-Zade S. M., Tikunov V. S. 2015. Visualisation in non-Euclidean metrics. Chinse University of Hong Kong Hong Kong, 213 p.
12. Olivier Clochard, The Atlas of Migration in Europe. 2013.
13. Краак М.-Я., Ормелинг Ф. Картография: визуализация геопространственных данных. М.: Научный мир, 2005. 325 с.
14. Tomlinson, R. Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. Redlands; California: ESRI Press, 2003. 325 p.
15. http://www.fao.org/nr/clim/docs/clim_080502_en.pdf // Atlas On Regional A Integration In West Africa. Access date 05.07.2019
16. http://www.migreurop.org/IMG/pdf/atlasofmigration_sample.pdf // Atlas of Migration in Europe. Access date 05.07.2019
17. http://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/EN/Publikationen/EMN/Politikberichte/emn-politikbericht-2017-germany.pdf?__blob=publicationFile // Atlas on Migration, Integration and Asylum. Access date 05.07.2019
18. <https://www.iom.int/sites/default/files/about-iom/gender/Atlas-of-Environmental-Migration.pdf> // An Atlas of International Migration Access date a 05.07.2019
19. <https://www.nytimes.com/interactive/2015/07/08/us/census-race-map.html> // Mapping Segregation. New York Times. Access date a 05.07.2019

**Редакция поступила в редакцию 12.06.2019,
принята к публикации 02.09.2019**

ОБ АВТОРАХ

- Белозеров** Виталий Семёнович, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета vsbelozеров@yandex.ru.
- Гладилин** Александр Васильевич, доктор экономических наук, профессор экономики и внешнеэкономической деятельности Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: lut@ncstu.ru.
- Щитова** Наталия Александровна, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета stavgeo@mail.ru.

Черкасов Александр Александрович, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Северо-Кавказского федерального университета. Scopus ID: 57192379694, Researcher ID: 57192379694
Телефон: +7(906) 460-99-98. E-mail: cherkasov_stav@mail.ru.

About the authors

Belozеров Vitaly Semenovich, doctor of geographical sciences, professor, head of the Department of socio-economic geography, Geoinformatics and tourism of the North-Caucasus federal university vsbelozеров@yandex.ru

Gladilin Alexandr Vasilyevich, doctor of economic sciences, professor of the Department of economic and foreign economic activity of the North-Caucasus Federal University. E-mail: lut@ncstu.ru

Shchitova Natalia Alexandrovna, doctor of geographical Sciences, professor of the Department of socio-economic geography, geoinformatics and tourism of the North-Caucasus Federal University

Cherkasov Alexander Alexandrovich, Candidate of geographical sciences, associate professor of the department of socio-economic geography, geoinformatics and tourism of the North-Caucasus federal university. Scopus ID: 57192859694, Researcher ID: 57192379694 Phone: +7(906) 460-99-98. E-mail: cherkasov_stav@mail.ru

25.00.24
УДК 379.851

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ,
ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Ивлиева О.В.,
Шмыткова А.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
annav1109@mail.ru

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТУРИСТСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЮГЕ РОССИИ

Введение.

Целью исследования является анализ и обобщение данных о современном состоянии развития туристической инфраструктуры Юга России. Представлен анализ территориальной организации средств размещения, объектов питания и транспортной инфраструктуры региона. Обоснована значимость изучения туристской инфраструктуры на Юге России.

**Материалы и методы
исследования.**

Исследование выполнено на основе обобщения официальных статистических данных Федеральной службы государственной статистики с использованием методов картографического и геоинформационного моделирования. В качестве картируемых показателей были выбраны: число мест в средствах размещения и объектах питания на душу населения, а также плотность автодорог общего пользования местного значения, находящихся в собственности муниципальных образований.

**Результаты исследований
и их обсуждение.**

В результате были идентифицированы наиболее «слабые места» туристской инфраструктуры в территориальном разрезе, а также выявлены «полюса роста». Представлены выводы по основным тенденциям развития коллективных средств размещения и предприятий общественного питания на Юге России; выявлены основные закономерности развития транспортного комплекса макрорегиона.

Выводы.

Реализованный на основе ГИС-технологии анализ территориальной организации туристской инфраструктуры на Юге России позволяет идентифицировать: развитие приморских территорий как «полюсов роста»; очаговый характер локализация объектов размещения и питания на горных территориях; вовлечение в рекреационное использование территории Волго-Ахтубинской поймы; неравномерность в транспортном освоении восточных и юго-западных регионов Юга России.

Ключевые слова:

Юг России, туризм, туристская инфраструктура, средства размещения, объекты питания, транспорт.

Ivlieva O.V.,
Shmytkova A.V.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
annav1109@mail.ru

TERRITORIAL ORGANIZATION OF TOURIST INFRASTRUCTURE IN THE SOUTH OF RUSSIA

- Introduction.** The study aims to analyze and summarize data on the current status of the development of tourist infrastructure of the South of Russia. The analysis of the territorial organization of accommodation establishments, catering facilities and transport infrastructure of the region is presented. The significance of the study of tourism infrastructure in the South of Russia is substantiated.
- Materials and methods.** The study is based on a compilation of official statistics of the Federal State Statistics Service using cartographic and geoinformation modeling methods. The following indicators were selected as mapped indicators: the number of places in accommodation establishments and catering facilities per capita, as well as the density of public roads of local importance owned by the municipality.
- Discussion of the research results.** As a result, the most “weak spots” of the tourist infrastructure in the territorial aspect and the “growth poles” were identified. Conclusions are presented on the main trends in the development of collective accommodation establishments and catering facilities in the South of Russia, the main patterns of development of the transport complex of the macroregion are revealed.
- Findings.** The GIS-based analysis of the territorial organization of tourist infrastructure in the South of Russia allows us to identify: the development of coastal territories as “growth poles”; focal nature of the localization of accommodation and catering establishments in the mountainous territories; involvement in the recreational use of the Volga-Akhtuba floodplain; uneven transport development of the eastern and southwestern regions of southern Russia.
- Keywords:** South of Russia, tourism, tourist infrastructure, accommodation establishments, catering establishments, transport.

Введение

Юг России, объединяющий тринадцать субъектов Российской Федерации, - устойчивая, полицентрическая, асимметричная по характеру системоформирующих связей и уровню социально-экономического развития территориальная социально-экономико-культурная система. Туристско-рекреационный комплекс имеет исключительное значение для Юга России, во многом определяет современное макроэкономическое «лицо» региона [2]. Туристская инфраструктура является один из элементов конкурентоспособности региона, а уровень ее развития во многом определяет туристскую привлекательность территории [6; 7; 11].

Реализованный на основе ГИС-технологии анализ территориальной организации туристской инфраструктуры на Юге России позволяет иденти-

фицировать приоритетные для развития туризма районы и с большой мерой научного обоснования подойти к планированию дальнейшего процесса развития туризма в макрорегионе.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено на основе обобщения официальных статистических данных Федеральной службы государственной статистики и анализа информационных сайтов с использованием методов картографического и геоинформационного моделирования.

Результаты исследований и их обсуждение

Основными факторами, сдерживающими рост конкурентоспособности регионов Юга России на международном рынке туристских услуг и, как результат, препятствующими реализации его туристского потенциала, является низкий уровень развития туристской инфраструктуры, в том числе недостаточность, а в ряде регионов отсутствие средств размещения туристского класса.

Сеть коллективных средств размещения на Юге России развита неравномерно и асимметрично. Более 70% всех койко-мест в коллективных средствах размещения Юга сосредоточено в Краснодарском крае (табл. 1). Кроме того, на долю Краснодарского края приходится 64% всех гостей в объектах размещения на Юге России.

В период 2010–2017 гг. число койко-мест в коллективных средствах размещения увеличилось на 72% в целом на Юге России и на 83% в Краснодарском крае.

Полученная аналитика по средствам размещения отражает резкий «отрыв» приморских зон (обретших качество «полюсов роста») от остальных субъектов России. В настоящее время российское Причерноморье – это в целом зона опережающего социально-экономического развития, притягательная для населения и инвестиций [4].

Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие коллективных средств размещения Юга России в период с 2009 по 2017 гг., составили 157 млрд рублей, в том числе 131 млрд рублей в объекты Краснодарского края (или 83% от всего макрорегиона). Инвестиции государства и частного бизнеса в развитие гостиничной инфраструктуры Сочи в преддверии Олимпийских Игр стали основой для дальнейшего развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края, повысив его значимость как «локомотива роста» туризма всего южнороссийского макрорегиона [4].

Показательно, что Ставропольский Край и республики Северного Кавказа, несмотря на уникальный природный туристский потенциал, характеризуются низкими показателями числа мест в КСР и незначительной динамикой их развития. Во всём СКФО с его горнолыжными и бальнеологическими цен-

Таблица 1. ЧИСЛО МЕСТ В КОЛЛЕКТИВНЫХ СРЕДСТВАХ РАЗМЕЩЕНИЯ, ТЫС.
Table 1. The number of bed-places in collective accommodation establishments, thousands

	2010	2013	2014	2015	2016	2017
Россия	1263,2	1386,8	1573,3	1763,1	1848,1	2168,12
Юг России	328,4	336,8	381,5	439,5	474,1	546,4
Республика Адыгея	2,3	3,4	2,6	3,9	3,0	3,59
Республика Калмыкия	1,5	0,8	0,8	0,9	1,0	1,63
Краснодарский край	212,7	215,2	257,3	307,0	333,2	389,76
Астраханская область	6,0	7,3	7,9	9,0	10,9	15,48
Волгоградская область	16,4	15,6	16,7	19,4	21,8	24,09
Ростовская область	24,8	26,5	27,2	30,1	31,3	33,60
Республика Дагестан	5,5	5,5	4,7	5,8	5,5	6,69
Республика Ингушетия	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,51
Кабардино-Балкарская Республика	12,8	13,3	13,0	11,9	10,6	12,21
Карачаево-Черкесская Республика	7,1	6,1	6,2	5,7	6,5	6,97
Республика Северная Осетия – Алания	3,0	3,9	3,9	3,9	3,5	4,4
Чеченская Республика	0,1	0,6	1,3	1,6	2,0	3,1
Ставропольский край	36,0	38,4	39,6	39,7	44,1	44,5

Таблица 2. МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГОСТИНИЧНЫЕ ОПЕРАТОРЫ
В ГОРОДАХ ЮГА РОССИИ
Table 2. International hotel operators in the cities of South of Russia

Сочи	Carlson Rezidor Hotel Group, Accor Hotels, Marriott International Hilton Worldwide, Louvre Hotels Group, Rixos, Hyatt Hotels Corporation, Four Seasons Hotels & Resorts
Ростов-на-Дону	Accor Hotels, Wyndham Hotel Group, Carlson Rezidor Hotel Group, Marriott International
Волгоград	Carlson Rezidor Hotel Group, Hilton Worldwide
Краснодар	Accor Hotels, Hilton Worldwide
Новороссийск	Hilton Worldwide
Геленджик	Kempinski Hotels
Астрахань	Carlson Rezidor Hotel Group

трами локализовано только 78 тыс. мест в КСР, и их число выросло лишь на 20% за прошедшие восемь лет. При этом проявляется тенденция к смещению нового предложения от центра – на периферию: колоссальный рост демонстрируют субъекты с неразвитой до недавнего времени инфраструктурой размещения, например число мест в КСР в Республике Чечня возросло в 30 раз. Ведучи, всесезонный горнолыжный курорт в Чечне, принял своих первых посетителей в начале 2018 года.

Гостиничный рынок развивается не только количественно, но и качественно. На долю Сочи приходится 11% существующего в России номерного фонда под управлением международных гостиничных операторов, таких как Carlson Rezidor Hotel Group, Accor Hotels, Marriott International Hilton Worldwide, Louvre Hotels Group, Rixos, Hyatt Hotels Corporation, Four Seasons Hotels & Resorts (табл. 2).

Расширение географии присутствия международных гостиничных операторов часто связано со значимыми событиями мирового масштаба, такими как Олимпийские игры 2014 г. в Сочи и матчи Чемпионата мира по футболу в 2018 г. в Сочи, Волгограде и Ростове-на-Дону.

Как свидетельствует базирующийся на ГИС-технологии авторский анализ, регионы Юга России характеризуются различными показателями числа мест в гостиницах на 1000 населения (рис. 1). Определяющим фактором локализации средств размещения на Юге России выступают природные ресурсы. Наивысшая концентрация мест в средствах размещения характер-

на для курортов Черноморского побережья Кавказа- Анапы и Геленджика (по 440 мест на 1000 человек) и Сочи (294 места на 1000 человек). Полоса Анапа – Туапсе Черноморского побережья – сухие субтропические регионы России, а полоса Туапсе-Сочи – единственные в России и самые северные в мире области влажных субтропиков. На сегодняшний день Сочи — всесезонный бальнеоклиматический курорт международного уровня, который ежегодно посещают 6 млн туристов, Анапа- преимущественно детский курорт, Геленджик - климато-бальнеологический курорт со значительными запасами лечебных минеральных вод. На долю этих трех курортов приходится половина мест в средствах размещения всего Юга России. Кроме того все большую популярность приобретают Туапсинский, Темрюкский и Ейский районы Краснодарского края.

На горных территориях локализация объектов размещения носит очаговый характер: Майкопский район в Республике Адыгея (туристский кластер «Ворота Лагонаки»), Зеленчукский район в Республике Карачаево-Черкесия (всесезонный курорт «Архыз»), Ирафский, Алагирский и Дигорский районы в Северной Осетии (Национальный парк «Алания», горнолыжный курорт «Цей»), Приэльбрусский район (самая высокая гора в Европе - Эльбрус - центр горнолыжного туризма и альпинизма) и город Нальчик (бальнеологический курорт) в Кабардино-Балкарии.

На долю четырех городов Кавказских Минеральных Вод: Кисловодска, Ессентуков, Железноводска и Пятигорска приходится 39 тыс. мест (или 87% всех койко-мест в средствах размещения Ставропольского края). Кавказские Минеральные Воды — один из старейших курортных регионов России. Свыше 130 минеральных источников и большие запасы иловой грязи озера Тамбукан (и Лысогорского озера) делают Кавказские Минеральные Воды уникальным бальнеологическим курортом.

В Ростовской области по числу мест в средствах размещения на душу населения лидирует Неклиновский район, расположенный вдоль Таганрогского залива Азовского моря. Морское побережье и благоприятный климат территории способствуют созданию на побережье сети баз отдыха и детских оздоровительных лагерей.

На севере области расположен Шолоховский район – родина великого русского писателя, лауреата нобелевской премии М.А. Шолохова, здесь сохранились быт и традиции верховых казаков, проходит международный фестиваль «Шолоховская весна», есть возможности для отдыха на Верхнем Дону. Багаевский район, расположенный на левом берегу Дона и в нижнем течении Маныча, выделяется значительными возможностями для охоты и рыбалки.

Особый регион представляет Волго-Ахтубинская пойма, расположенная в пределах трех регионов Юга России: Волгоградской и Астраханской областях и Республики Калмыкия. Живописные ландшафты, природные пар-

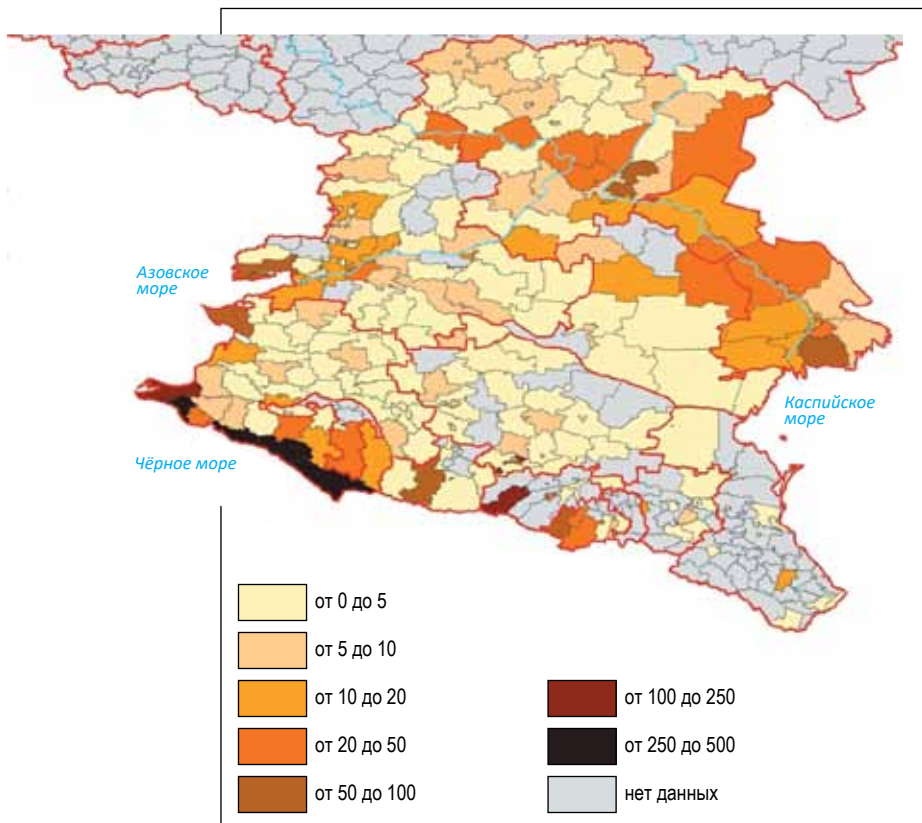


Рис. 1.

Число мест в коллективных средствах размещения на 1000 человек населения, 2017 г.

Fig. 1 The number of bed-places in collective accommodation establishments per 1000 population, 2017.

ки, охотничьи и рыболовные хозяйства обусловили наличие большого числа баз отдыха. Наивысшие показатели по числу мест в средствах размещения имеет Среднеахтубинский район Волгоградской области - 69 мест на 1000 чел. Главными природными ценностями поймы являются: водно-болотные угодья, ключевые орнитологические территории; нерестилища ценных видов рыб, в т.ч. осетровых. На водных объектах Природного парка осуществляется любительское и спортивное рыболовство, на берегах есть места для пляжного отдыха, а водно-болотные угодья являются объектами научного туризма, дающими возможность понаблюдать в естественных условиях за водоплавающими птицами. В Астраханской области лидирует Камызякский район (51 место на 1000 человек и 14% от всех койко-мест области), занимающий основную часть дельты реки Волга и предлагающий возможности для отдыха, охоты и рыбалки.

Наряду с объектами размещения, системообразующими в туризме выступают предприятия питания, которые могут включать рестораны, кафе, бары, общедоступные столовые, закусочные. Одним из показателей, характеризующих соответствие сети общественного питания потребностям населения, является соотношение посадочных мест к численности населения. На Юге России лидерами по числу мест на 1000 человек населения являются Республика Адыгея (75 мест), Северная Осетия – Алания и Краснодарский край (по 70 мест), в то время как наименьшие показатели (14 мест) характерны для Республик Дагестан и Ингушетия.

Как и в случае с объектами размещения, высокая концентрация мест в объектах питания на Юге России присуща территориям, обладающим значительными природными ресурсами (рис. 2). Наивысшая концентрация мест в объектах питания на 1000 человек населения характерна для курортов Краснодарского края: Геленджика (365 мест), Анапы (235) и Сочи (158), а также для районов Волго-Ахтубинской поймы. На общем фоне выделяются Мясниковский район в Ростовской области (178 мест на 1000 человек), это единственный в России район, где армяне составляют более половины населения. Село Чалтырь, в котором расположено 125 объектов питания, способных одновременно принять более 9 тыс. человек, получило название шашлычной столицы Юга России.

Роль транспорта и его влияние на развитие туризма подробно описано в литературе [8; 10]. Сдерживающим фактором роста конкурентоспособности туристско-рекреационного комплекса Юга России на межрегиональном и международном рынках является исторически сложившаяся асимметрия пространственного транспортного развития региона [1].

Средняя плотность железнодорожных путей в 2017 г. на Юге России составляла 14 км/1000 км². Симптоматично, что показатель плотности железнодорожных путей в Краснодарском крае в два раза превышал средний показатель по Югу, тогда как в Республики Калмыкия он был меньше южнороссийского в 6,5 раз.

В России Северо-Кавказский и Южный федеральные округа занимают 1 и 2 места соответственно по удельному весу автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования. Вместе с тем регионы Юга России заметно различаются по уровню развития автомобильных дорог. Лидером по удельному весу автомобильных дорог с твердым покрытием в разрезе макрорегиона является Республика Адыгея (92,5%), а наихудшие показатели имеют восточные регионы – Аст-раханская (57,7%) и Волгоградская области (54,6%).

Наибольшую плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием имеют Республики Северного Кавказа: Ингушетия и Северная Осетия – Алания, тогда как в аутсайдерах: Республика Калмыкия, Астраханская и Волгоградская области. Разрыв между Республикой Ингушетия

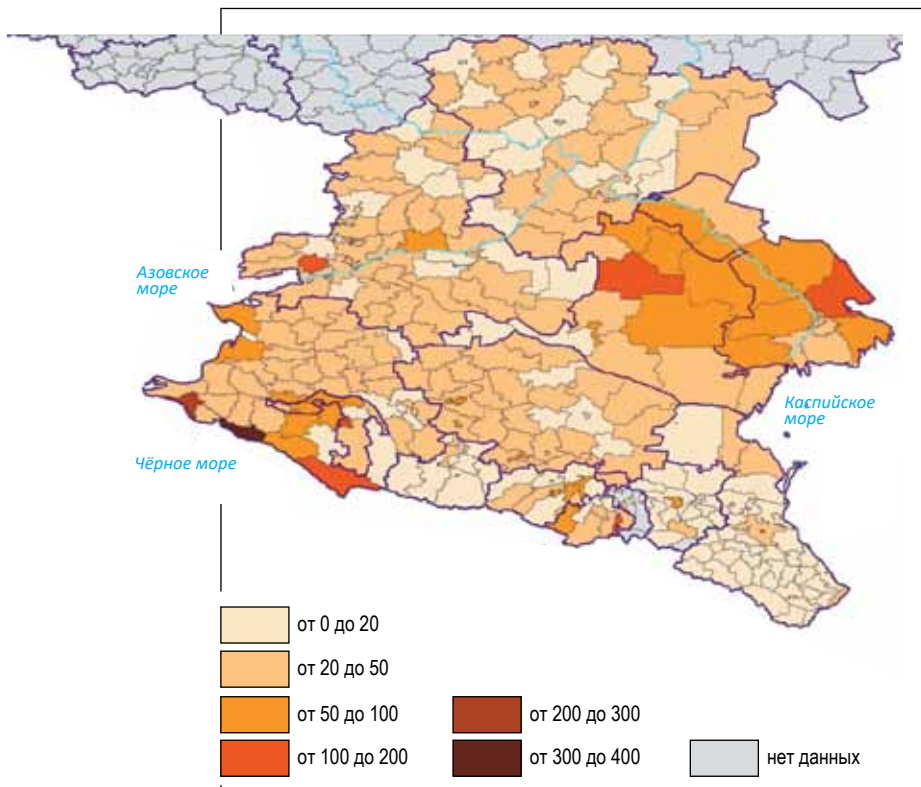


Рис. 2. Число мест в объектах общественного питания на 1000 человек населения, 2017 г.

Fig. 2 The number of places in public catering facilities per 1000 population, 2017.

и Республикой Калмыкия по данному показателю достигает 17 раз. Проведенный на базе ГИС-технологий анализ плотности автомобильных дорог на муниципальном уровне также выявил недостаточный уровень транспортной освоенности восточных районов Ростовской области, Республики Калмыкия, Астраханской, Волгоградской областей, Ставропольского края, что, несомненно, является ключевым ограничителем развития туризма на этих территориях (рис. 3).

Туризм в регионе зависит и от уровня развития воздушного транспорта [5;8;9]. На Юге России функционируют 15 аэропортов, которые в 2018 г. обслужили 22,7 млн пассажиров. Наибольшую долю в суммарном пассажиропотоке Юга имеют аэропорты Краснодарского края: Сочи (6,3 млн чел), Краснодар (4,2 млн чел), Анапа (1,5 млн чел.), а также аэропорт Ростова-на-Дону (3,2 млн чел) и Минеральных Вод (2,4 млн) (табл. 3).

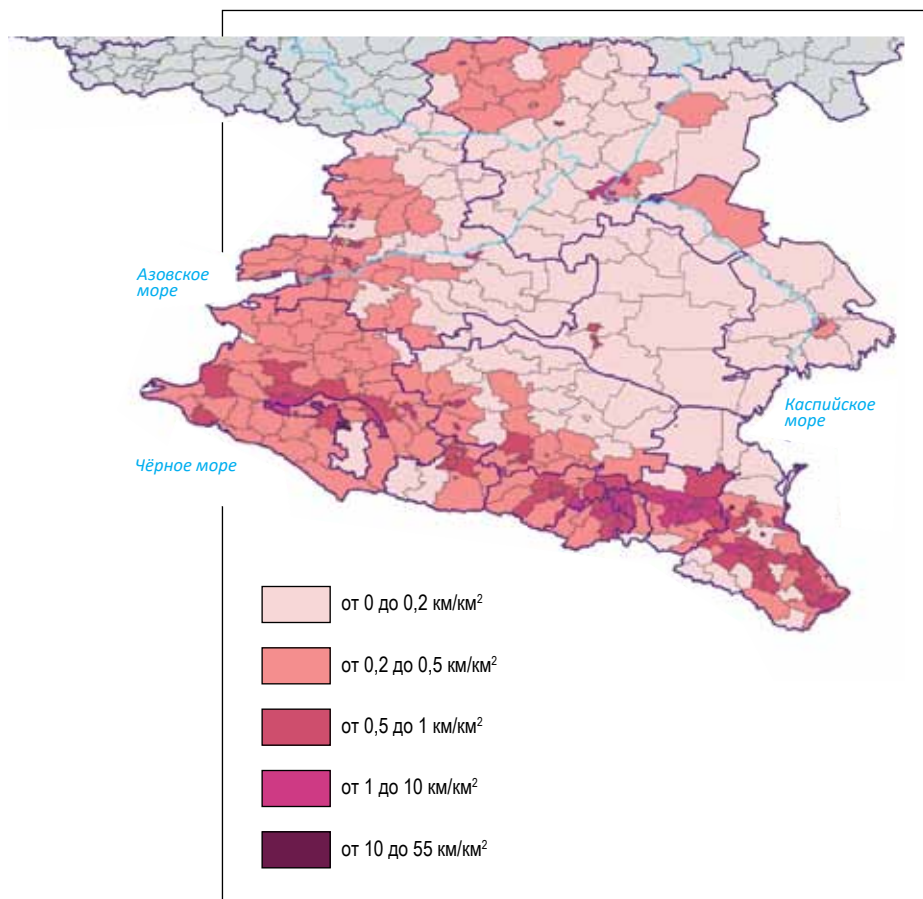


Рис. 3. Плотность автодорог общего пользования местного значения, находящихся в собственности муниципальных образований, 2018 г.

Fig. 3 The density of public roads of local importance owned by municipalities, 2018

Вместе с тем фокусом транспортной системы Юга России без сомнения можно считать город Сочи, по направлению к которому происходит стягивание и концентрация всех транспортных потоков. Проведенный анализ свидетельствует, что значимая «сочинская» составляющая в авиасообщении характерна для большинства аэропортов Юга России. В 2019 г. авиационные рейсы из Краснодара в Сочи осуществляются – 21 раз в неделю, из Волгограда - 9, из Ростова-на-Дону - 7 и т.д. Исключение составляют лишь Махачкала, Грозный и Анапа, авиасообщение с аэропортами которых в Сочи отсутствует.

В преддверии Олимпийских игр 2014 г. морской порт Сочи был реконструирован для приема большого числа круизных лайнеров. Пропускная спо-

Таблица 3.

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ЮГА РОССИИ, 2018 г.Table 3. Some characteristics of the transport infrastructure of the South of Russia,
2018

	Плотность железнодорожных путей, км путей на 1000 км ² территории	Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием, км путей на 1000 км ² территории	Суммарный пассажирооборот аэропортов региона, чел.
Юг России	14,1	406	22680801
Республика Адыгея	20,5	569,5	0
Республика Калмыкия	2,2	49,2	10898
Краснодарский край	28,3	463,1	12285804
Астраханская область	12,9	88,5	597038
Волгоградская область	14,3	143,5	1142878
Ростовская область	18,9	262,9	3236000
Республика Дагестан	10,1	410,3	1295353
Республика Ингушетия	10,8	838,3	270096
Кабардино- Балкарская Республика	10,6	574,8	135000
Карачаево- Черкесская Республика	3,6	346,3	0
Республика Северная Осетия – Алания	18,0	695,3	448000
Чеченская Республика	19,5	573,4	458000
Ставропольский край	13,9	271,6	2801734

способность пассажирского терминала Сочи составляет 1,6 млн пассажиров в год. Но в связи с введением антироссийских санкций в настоящее время Сочи исключен из маршрутов ведущих круизных компаний. В 2016 г. его посетили всего четыре лайнера с 1194 пассажирами, в то время как в 2014 г. их было 63. В 2017 г. компания «Черноморские круизы» начала выполнять круизы из Сочи в Крым на лайнере «Князь Владимир».

В целях становления конкурентоспособных направлений туристского бизнеса в регионах Юга России необходимо осуществлять инвестиционные проекты, в том числе по развитию транспортной инфраструктуры.

Выводы

Формирование адекватной современным мировым стандартам высокоразвитой туристской инфраструктуры – один из важнейших приоритетов развития экономики Юга России, обладающего уникальными в масштабах страны природными туристскими ресурсами, дополненными значительным культурно-историческим потенциалом.

Проведённое исследование позволяет идентифицировать основные детерминанты развития туристской инфраструктуры, присущие регионам Юга, а именно:

- развитие приморских территорий как «полюсов роста»;
- очаговый характер локализация объектов размещения и питания на горных территориях;
- вовлечение в рекреационное использование территории Волго-Ахтубинской поймы, приоритетным направлением развития которой является охота и рыболовство;
- неравномерность в транспортном освоении восточных и юго-западных регионов южнороссийского макрорегиона.

**Рукопись поступила в редакцию 30.05.2019,
принята к публикации 02.09.2019**

Библиографический список

1. Атлас социально-экономического развития Юга России / под ред. А.Г. Дружинина. М.: Вузовская книга, 2011. 144 с.
2. Дружинин А.Г. Юг России конца XX - начала XXI в. (экономико-географические аспекты). Ростов н/Д: Изд-во Рост.ун-та, 2005. – 284 с.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный

ресурс]: официальный сайт. URL: <http://gks.ru> (дата обращения: 02.09.2019).

4. Шмыткова А.В. Основные тенденции развития средств размещения в России // Вестник Национальной академии туризма. 2017. № 1. С. 24–27.
5. Bieger T, Wittmer A. 2006. Air transport and tourism- perspectives and challenges for destinations, airlines and governments. *Journal of Air Transport Management* 12: 40–46.
6. Čuka P., Dorocki S., Rachwał T. Development of tourism infrastructure in the regions of Central and Eastern Europe. Conference: Innovation Vision 2020: from Regional Development Sustainability to Global Economic Growth, At Amsterdam, Netherlands, Volume: 25.
7. Dana, L.-P., Gurau, C., & Lasch, F. 2014. Entrepreneurship, tourism and regional development: A tale of two villages. *Entrepreneurship and Regional Development*, 26(3-4), 357–374.
8. Halsall D. 1998. Transport for tourism and recreation. In *Modern Transport Geography*, 2nd edn, Hoyle BS, Knowles RD (eds). Belhaven Press: London and New York.
9. Henderson J. 2008. Transport and tourism destination development: an Indonesian perspective. *Tourism and Hospitality Research* 9(3): 199–200.
10. Keller P. 2001. The Close Relationship between Air Transport and Tourism. In *World Tourism Organization Seminar Proceedings*. World Tourism Organization Publications: Madeira, Portugal.
11. Kozak, M. 2006. Konkurencyjność turystyczna polskich regionów, *Studia Regionalne i Lokalne*, 3(25), 49-65.

References

1. Atlas of socio-economic development of the South of Russia / ed. A.G. Druzhinin. M.: University Book, 2011. 144 p. (in Russ).
2. Druzhinin A.G. South of Russia at the end of the XX – beginning of the XXI century. (economic and geographical aspect). Rostov n / D: Publishing house Rost.un-ta, 2005. 284 p. (in Russ).
3. Federal State Statistics Service [Electronic resource]: official site. URL: <http://gks.ru> (accessed date: September 2, 2019). (in Russ).
4. Shmytkova A.V. The main trends in the development of accommodation establishments in Russia // *Bulletin of the National Academy of Tourism*. 2017. No. 1. P. 24–27 (in Russ).
5. Bieger T, Wittmer A. 2006. Air transport and tourism- perspectives and challenges for destinations, airlines and governments. *Journal of Air Transport Management* 12: 40–46.
6. Čuka P., Dorocki S., Rachwał T. Development of tourism infrastructure in the regions of Central and Eastern Europe. Conference: Innovation Vision 2020: from Regional Development Sustainability to Global Economic Growth, At Amsterdam, Netherlands, Volume: 25.
7. Dana, L.-P., Gurau, C., & Lasch, F. 2014. Entrepreneurship, tourism and regional development: A tale of two villages, *Entrepreneurship and Regional Development*, 26 (3–4), 357-374.

8. Halsall D. 1998. Transport for tourism and recreation. In *Modern Transport Geography*, 2nd edn, Hoyle BS, Knowles RD (eds). Belhaven Press: London and New York.
9. Henderson J. 2008. Transport and tourism destination development: an Indonesian perspective. *Tourism and Hospitality Research* 9(3): 199–200.
10. Keller P. 2001. The Close Relationship between Air Transport and Tourism. In *World Tourism Organization Seminar Proceedings*. World Tourism Organization Publications: Madeira, Portugal.
11. Kozak, M. 2006. Konkurencyjność turystyczna polskich regionów, *Studia Regionalne i Lokalne*, 3(25), 49-65.

Об авторах

- Ивлиева** Ольга Васильевна, доктор географических наук, профессор кафедры туризма Южного федерального университета, ivlieva.o@mail.ru, тел. +79185813297.
Researcher ID D-2227-2019, Scopus ID 6507384454.
- Шмыткова** Анна Валериевна, старший преподаватель кафедры туризма Южного федерального университета, annav1109@mail.ru, тел. +79508432399.
- Ivlieva** Olga Vasilievna, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Tourism, Southern Federal University, ivlieva.o@mail.ru, tel. +79185813297.
Researcher ID D-2227-2019, Scopus ID 6507384454.
- Shmytkova** Anna Valerievna, Senior Lecturer, Department of Tourism, Southern Federal University, annav1109@mail.ru, tel. +7 9508432399.

25.00.24
УДК 913 (332.14)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ,
ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Рубанов И.Н.,
Нокелайнен Т.С.,
Калинкин И.В.
Игонин А.И.,

rubanovin@yandex.ru
nokelta@rambler.ru
ikl@geogr.msu.su
geoigonin@gmail.com
МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОФИЦИАЛЬНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

Введение:

в качестве основной стратегии долгосрочного гармоничного развития общества в России и мире признана концепция устойчивого развития, которая подразумевает одновременное достижение социальной, экономической и экологической устойчивости. Оценка степени устойчивости актуальна для территорий России поскольку позволяет вскрыть значительные различия между ними обусловленные историко-культурными, социально-экономическими и природными факторами. Наиболее сложной представляется оценка экономической устойчивости, требующая учета экологических последствий хозяйственной деятельности и определение некоего «оптимального» уровня производства материальных благ. Автором предложена методика экспресс-оценки экономической устойчивости регионов России на основе общедоступных и регулярно публикуемых статистических показателей.

Материалы и методы:

для оценки экономической устойчивости использовались два интегральных показателя характеризующих качественный и количественный аспекты хозяйственной деятельности. Количественный аспект характеризовался на основе дефлированного показателя душевого ВРП для регионов России. Качественный показатель рассчитывался на основе данных о структуре экономики по видам экономической деятельности и структуре промышленного производства - на основе экспертной оценки и статистических данных вычленялась доля ВРП связанная с эксплуатацией невозобновляемых природных ресурсов и значительным ущербом окружающей среде.

Результаты:

в 2017 около половины валового регионального продукта регионов России связаны с эксплуатацией невозобновляемых ресурсов и отраслями наносящими значительный ущерб окружающей среде. С 2005 года этот показатель не имеет выраженных тенденций к изменению. На фоне его незначительного улучшения в большинстве «несырьевых» регионов, наблюдается значительное ухудшение этого показателя в ряде регионов, где были запущены крупные проекты по добыче полезных ископаемых (Ненецкий а.о., Сахалинская, Астраханская обл. и др.). Показатель ВРП на душу населения в постоянных ценах быстро возрастал с 1999 по 2007 г., с 2012 года наблюдается его стагнация. С 2014 по 2017 г. выраженных изменений показателя не наблюдается, за исключением его существенного роста в двух субъектах присоединенного Крымского полуострова.

Выводы:

успех в структурных изменениях отечественной экономики и снижении ее сырьевой зависимости на интервале с 2005 по 2017 гг. не наблюдается. В рассматриваемый период фиксируется ускоренное развитие восточных регионов страны, которое, однако, в основном связано с расширением эксплуатации природных ресурсов. Значительные изменения душевого ВРП наблюдавшиеся в отдельных регионах за последние с 2007 по 2017 гг. в большинстве случаев связаны с запуском и расширением проектов по добыче полезных ископаемых, реже – с эффективной деятельностью региональных администраций по привлечению частного капитала.

Ключевые слова:

устойчивое развитие, регионы, Россия, социальный, экономический, индикатор

Rubanov I.N.,
Nokelaynen T.S.,
Kalinkin I.V.
Igonin A.I.,

rubanovin@yandex.ru
nokelta@rambler.ru
ikl@geogr.msu.ru
geoigonin@gmail.com
Lomonosov Moscow State University

Implementation of Official Statistics for Assessment of Economic Sustainability of Russian Regions

- Introduction:** sustainable development is recognized as basics concept for harmonious long-term development in Russia and on the global level. It implies simultaneous achieving social, economic and ecologic sustainability. Assessment of sustainability is actual for territories of Russia as far as it reveals profound differences caused by historic, cultural, social, economic and natural factors. Assessment of economic sustainability looks the most difficult since it needs calculation of ecological externalities and definition of optimum economic production level. The author propose methodology of express-assessment of Russian regions economic sustainability on the base of free and regularly published statistical data.
- Materials and methods:** two synthetic indicators were used for assessment of quantitative and qualitative aspects of economic sustainability. Quantitative aspects were assessed on the base of per capita regional product deflated data. Qualitative indicator was calculated using data on economy structure and structure of manufacturing - the share of regional product related to exploitation of non-renewable resources and sufficient environment damage was identified on the base of this data and expert assessment.
- Results:** almost a half of regional product in Russia was related in 2017 to exploitation of non-renewable resources and environmentally threatening economy. Corresponding indicator has been oscillating without obvious trend since 2005. While it has slightly improved in most regions of Russia with historically low primary production, it has worsened greatly in some regions where mining projects had been launched (Nenetsky, Sakhalyn, Astrakhan regions and others). Per capita regional product in constant prices had been quickly grown since 1999 until 2007, but it has been stagnating since 2012. There no pronounce changes of per capita regional products in most regions since 2014 to 2017. The only exception – it's significant growth in both regions of Crimea.
- Conclusion:** there no success in turning from commodity dependence for the 2005-2017 period in Russia. Stronger economy growth is observed in Eastern regions but it in most cases relies to intensification of natural resources exploration. Strongest changes of per capita regional product since 2007 to 2017 usually relates to changes in mining industry production and in minor cases it relates to efficient management of regional administrations which succeeded to attract private investment.
- Keywords:** sustainable development, region, Russia, social, economic, indicators.

ВВЕДЕНИЕ

В последние 50 лет в качестве наиболее эффективного и гармоничного подхода к долгосрочному развитию общества признана концепция устойчивого развития (англ. – *sustainable development*). В 1980-е годы этот подход был зафиксирована в качестве приоритетного в программных документах ООН и ее подразделений [1]. В 1996 году указом Президента Российской Федерации концепция устойчивого развития принята в

качестве стратегии развития нашей страны [2]. Традиционно исследователи выделяют три основные компоненты устойчивого развития, которые должны достигаться одновременно – экологическую, социальную и экономическую [3].

Для России актуальна оценка интегральной устойчивости развития отдельных территорий и их успеха в достижении отдельных ее составляющих. Из-за значительных пространственных различий обусловленных природными, историческими и социально-экономическими факторами данные оценки имеют принципиальное значение для региональной политики, учета территориальной специфики при разработке законодательных актов и федеральных программ социально-экономического развития.

Особенно сложной представляется оценка экономической составляющей устойчивости. С точки зрения устойчивого развития обязательным становится учет экологических последствий экономической деятельности и сопутствующего ущерба окружающей среде (т.н. «зеленые счета» [4]), оценка которого представляется сложной субъективной задачей и российскими официальными органами не ведется. В частности, для этих целей необходимо оценивать т.н. *природный капитал*, который включает не только оценку стоимости минеральных ресурсов, но и стоимостную оценку среды обитания человека и ее качественных характеристик, а также изменение этой величины. С учетом описанного подхода экономический рост и экономическая деятельность в разных секторах экономики должна оцениваться по разному. В частности, экономическая деятельность основанная на эксплуатации исчерпаемых природных ресурсов по определению не может считаться устойчивой, в отличие от деятельности базирующейся на эксплуатации человеческого капитала, который может быть возобновлен [4].

В отличие от большинства других индикаторов, однонаправленное изменение показателей производства товаров и услуг, и даже рост благосостояния не могут трактоваться однозначно. Поскольку удовлетворения базовых (вода, еда, жилище) и других значимых (саморазвитие) потребностей индивида требует конечное количество ресурсов и финансовых затрат целесообразным оказывается некий конечный уровень материального производства и использования природных ресурсов, вместо его бесконечного роста [6]. Оценка экономической устойчивости и благосостояния населения требует ответов на философские вопросы. Является ли материальное благополучие обязательным атрибутом устойчивого общества и каков его оптимальный уровень?

В представленной работе предложена оригинальная методика экспресс-оценки экономической устойчивости на основе официальных статистических показателей регулярно рассчитываемых и публикуемых Федеральными органами власти России. Проведен качественный, количественный анализ экономических показателей, их пространственная дифференциация и динамика.

Предложенная автором методология не претендует на полноту и предельную точность качественных оценок, в частности, она не учитывает всех нюансов расчета «зеленых счетов», а также возможные вариации и тенденции изменения экологической эффективности в отдельных секторах экономической деятельности. В то же время приведенный анализ обладает низкой степенью субъективности, позволяет проводить динамические и пространственные сопоставления показателей экономического развития территорий России на основе достоверных и легкодоступных данных, а также дает количественную оценку некоторым малоизученным феноменам экономического развития страны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экспресс оценки экономической устойчивости развития российских регионов автором использовались интегральные индикаторы – синтетические величины оцениваемые на основе нескольких статистических показателей [10]. Экономическая устойчивость оценивалась по двум критериям – качественному и количественному.

Количественный индикатор призван отразить объем производства благ (в стоимостном выражении) и таким образом характеризуют возможности общества удовлетворять текущие потребности в товарах и услугах. Главным статистическим показателем такого рода традиционно считается *валовый региональный продукт* в расчете на душу населения. Для того, чтобы можно было сопоставлять данные разных лет, этот показатель дефлировался путем корректировки на величину накопленной инфляции, т.е. рассчитан в постоянных ценах (в качестве базового принят 2012 г.).

Уровень душевого производства в Российской Федерации остается низким (по мировым меркам и в сравнении с принятыми критериями оценки уровня богатства). Так в рамках оценки индекса развития человеческого потенциала, одобренной ООН, в качестве верхнего порога материального богатства рассматривается уровень душевого ВВП равный 75 тыс. долл. США в год, в то время как в России эта величина в 2017 году составила лишь 11,3 тыс. долл. США [12, 8]. В Российской Федерации в ретроспективе и ближайшей перспективе на наш взгляд приемлемо позитивно оценивать высокие показатели валового производства и их рост сам по себе, без учета проблемы определения некоего оптимального значения показателя.

Экологические последствия экономической деятельности и устойчивость экономики оценивались с помощью качественного индикатора (далее – «качество экономики»). Последний рассчитывался на основе структурных показателей (структура производства по отраслям и подотраслям экономики) – путем определения веса отраслей связанных с эксплуатацией невозобновляемых ресурсов (добыча полезных ископаемых), и (или) деятельность которых сопряжена с значительным ущербом окружающей среде. Качествен-

ный (с этой точки зрения) характер каждого из секторов экономики определялся авторами экспертно.

Из общего объема произведённого в регионе добавленного продукта принимаемого за 100%, в рамках такого анализа в несколько этапов проводилось вычитание части производств отдельных отраслей. Во-первых, полностью вычиталась доля сектора добычи полезных ископаемых; а также доли некоторых подотраслей обрабатывающей промышленности отличающихся особенно значительным негативным воздействием на окружающую среду, а именно: целлюлозно-бумажное производство, производство кокса и нефтепродуктов, химическое производство, металлургия. Во-вторых, вычиталась половина объема производства секторов экономики наносящих умеренный вред окружающей среде, в числе которых сельское хозяйство, рыболовство, транспорт и связь, а также подотрасли промышленности: производство пищевых продуктов, обработка древесины, производство резиновых и пластмассовых изделий, производство неметаллических продуктов. В-третьих, автор исходил из того, что добыча полезных ископаемых косвенно (через налоговые поступления в региональный бюджет, заработную плату, спрос на товары и услуги), стимулирует производство в таких секторах как строительство, оптовая и розничная торговля, транспорт и связь, финансовая деятельность. По этой причине мы также вычитали из общего объема производства часть производства в этих секторах пропорциональную роли добывающей промышленности в ВРП региона (например, если вес добывающей промышленности в ВРП составляет 10%, вычиталась одна десятая часть производства этих отраслей).

В результате упомянутой последовательности действий для каждого из регионов рассчитывался показатель «качества экономики», который теоретически может варьировать в диапазоне от 0% (вся хозяйственная деятельность представлена производствами наносящими серьезный урон окружающей среде) до 100% («грязные» производства отсутствуют).

Для расчетов использовались официальные статистические данные Росстата за 1990-2017 годы, представленные в электронной базе данных ЕМИСС [12] в виде следующих показателей/таблиц

- среднегодовая численность населения по субъектам,
- валовый региональный продукт на душу населения по субъектам;
- потребительская инфляция средняя за год;
- отраслевая структура валовой добавленной стоимости субъектов (таблица);
- структура объема отгруженной продукции (работ, услуг) по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» по субъектам (таблица).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Качественная оценка

В 2017 году в целом по России индекс «качества экономики» составил 57%. Косвенно данную величину можно интерпретировать следующим образом – около 43% валовой добавленной стоимости формируемой внутри страны прямо или косвенно тесно связаны с использованием невозобновляемых ресурсов, их первичной переработкой, производствами, наносящими значительный ущерб окружающей среде. Роль ресурсных секторов в экономике России следует признать умеренно высокой по мировым меркам. Этот вывод коррелирует с данными Мирового банка, который ежегодно оценивает роль в экономике *ренты от добычи природных ресурсов*, которая представляет собой разницу между стоимостью реализации добытых полезных ископаемых и лесных ресурсов по рыночным ценам и их полной себестоимостью. В соответствии с данными Мирового банка размер природной ренты (*англ. natural resources rent*, рассчитываемый на основе стоимости использованных лесных ресурсов и полезных ископаемых) в России в 2013 г. составила 10,7% ВВП, а в целом по странам мира – 2,2% ВВП; по величине показателя страна заняла 51 место из 226 стран и территорий [8].

Данные Мирового банка указывают на позитивную динамику снижения доли природной ренты в ВВП более чем в полтора раза за последние 10 лет (в 2007 году показатель составлял 17%). Однако, стоимостной и долевым размер природной ренты в сильной степени зависит от рыночных цен природных ресурсов, поэтому не может использоваться для динамических сопоставлений качества и структурных изменений в экономике. В свою очередь нами были рассчитаны исторические значения показателя *качества экономики* начиная с 2005 года, когда Росстатом был принят современный классификатор отраслей. Как выяснилось, его исторические значения в последние 13 лет колебались в узком диапазоне от 55% до 62%. С 2012 г. качественный показатель структуры экономики даже снизился на 3 процентных пункта. Описанная динамика подтверждает популярный тезис об отсутствии успехов в снижении сырьевой зависимости отечественной экономики.

Географические вариации показателя очень значительны – от 10% в Ненецком а.о., до 89% в г. Севастополь. При этом пространственные закономерности изменения показателя близки к традиционным представлениям о сырьевых регионах. Пониженные значения «качества экономики» (от 10% до 60%) наблюдаются в большинстве восточных, азиатских регионов страны, а также в пределах известного своей тяжелой промышленностью Урала (см. рис. 2).

Вместе с тем, при анализе пространственной неравномерности показателя обнаруживаются менее известные феномены. Обращает на себя внимание выраженная сырьевая ориентация Ненецкого автономного округа, где наблюдаются наименьшие значения показателя (см. табл. 1), и Сахалинской

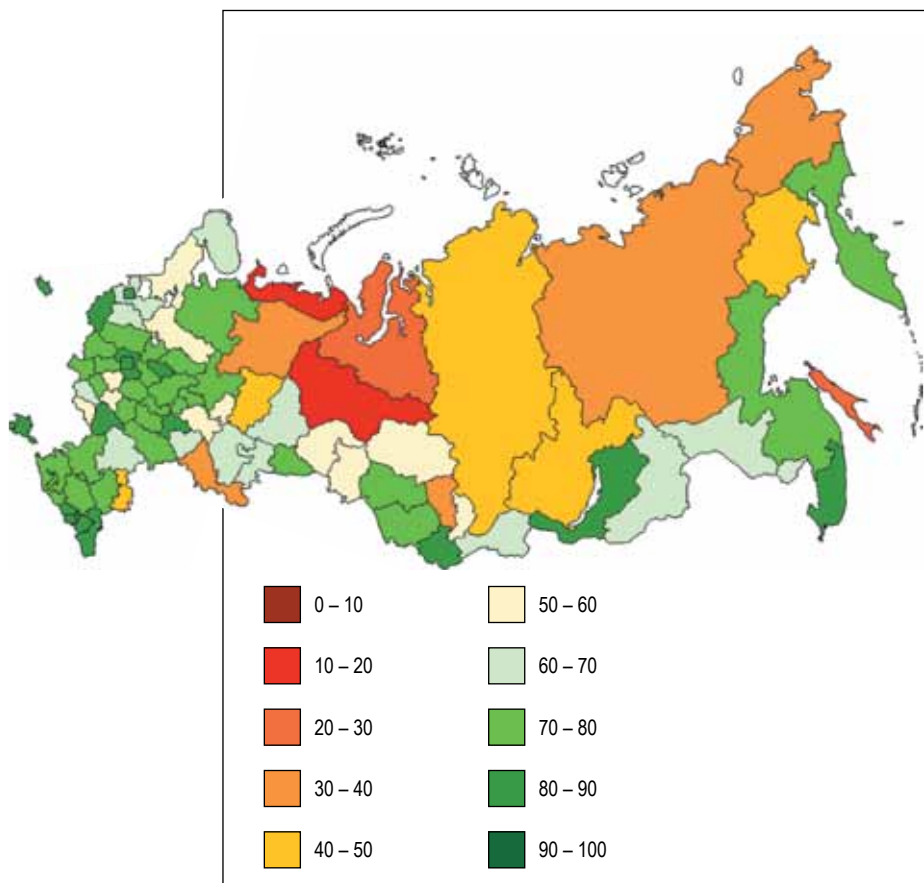


Рис. 2. Индекс качества экономики, 2017 г. (%).

Fig. 2. Economy Quality Index, 2017 (%).

области, которые в популярной и научной прессе обычно не причисляются к сырьевым регионам. Отдельные промышленные регионы Урала, в частности Свердловская область и Челябинский край имеют относительно высокие показатели качества экономики (60–70%), что связано с высоким уровнем развития обрабатывающих производств, а также сферы услуг в их административных центрах – городах-миллионерах. Напротив, существенно худшие в сравнении с ними значения показателя наблюдаются в Тульской, Липецкой, Белгородской и, особенно, в Оренбургской областях. Наилучшие значения показателя (85–89%) фиксируются в пяти субъектах – трех городах федерального подчинения, а также Ивановской области и Чечне.

На региональном уровне наблюдались разнонаправленные изменения показателя. В целом, можно отметить тенденцию умеренного улучшения

Таблица 1. РЕЙТИНГ СУБЪЕКТОВ С НАИХУДШИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ПОКАЗАТЕЛЯ «КАЧЕСТВО ЭКОНОМИКИ», 2017 г. (%)
Table 1. Rating of subjects with the worst values of the indicator "quality of the economy", 2017 (%)

1	Ненецкий автономный округ	10,7
2	Республика Саха (Якутия)	35,6
3	Сахалинская область	26,0
4	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	17,8
5	Ямало-Ненецкий автономный округ	21,3

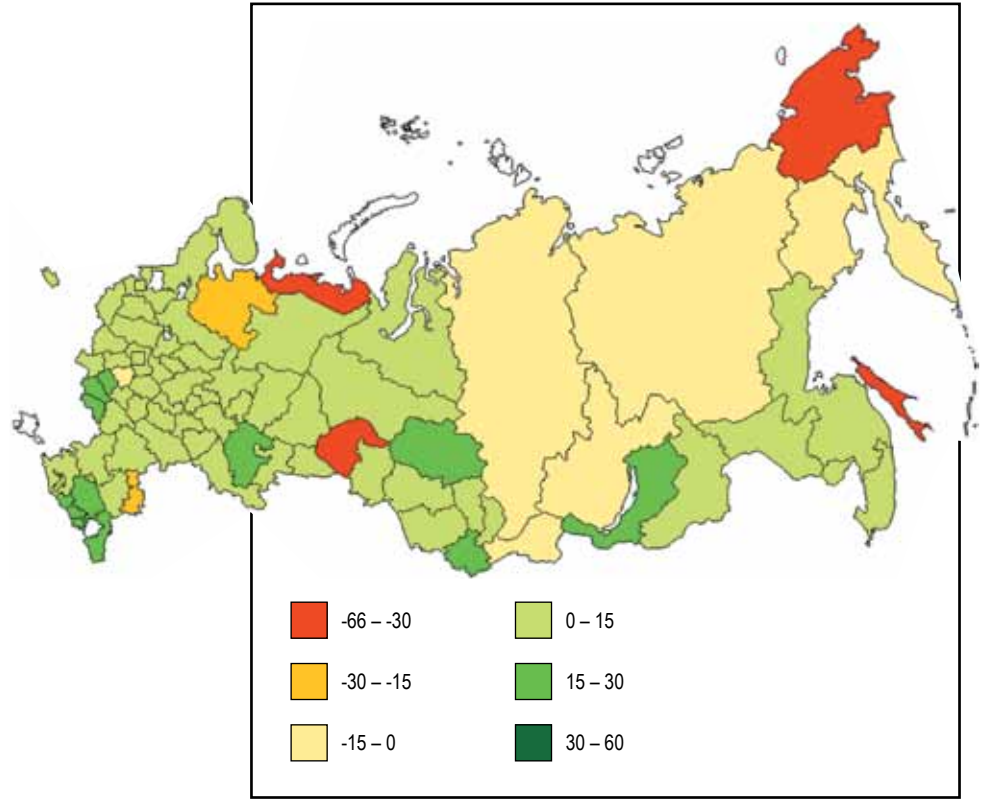


Рис. 3. Изменение индекса качества экономики с 2007 по 2017 г. (%).
Fig. 3. Economy Quality Index change from 2007 to 2017 (%).

(увеличения) показателя в большинстве регионов на величину порядка 10%, что связано, в первую очередь с опережающим развитием сегмента услуг не сопряженного с эксплуатацией природных ресурсов и ущербом окружающей среде. Однако, на этом фоне большее внимание обращает резкое (-30% и более) снижение показателя в ряде регионов, где были запущены масштабные проекты по добыче минеральных ресурсов – в первую очередь это Сахалинская область и Ненецкий а.о., где были реализованы проекты извлечения нефти и газа на шельфе. В пределах Чукотском а.о. развитие экономики почти целиком оказалось связано с запуском новых проектов добычи рудных ископаемых, а существенное ухудшение показателя в Астраханской и Архангельской области оказалось связано с запуском проектов по добыче нефти и газа.

Количественная оценка.

Валовый региональный продукт – количественная мера производства товаров и услуг, – в среднем на одного жителя России в 2017 году составил 510 тыс. рублей в текущих ценах [11]. Этот показатель быстро рос в период с 1999 по 2007 г., однако, с 2012 года наблюдается его стагнация в области максимальных значений (см. рис. 3).

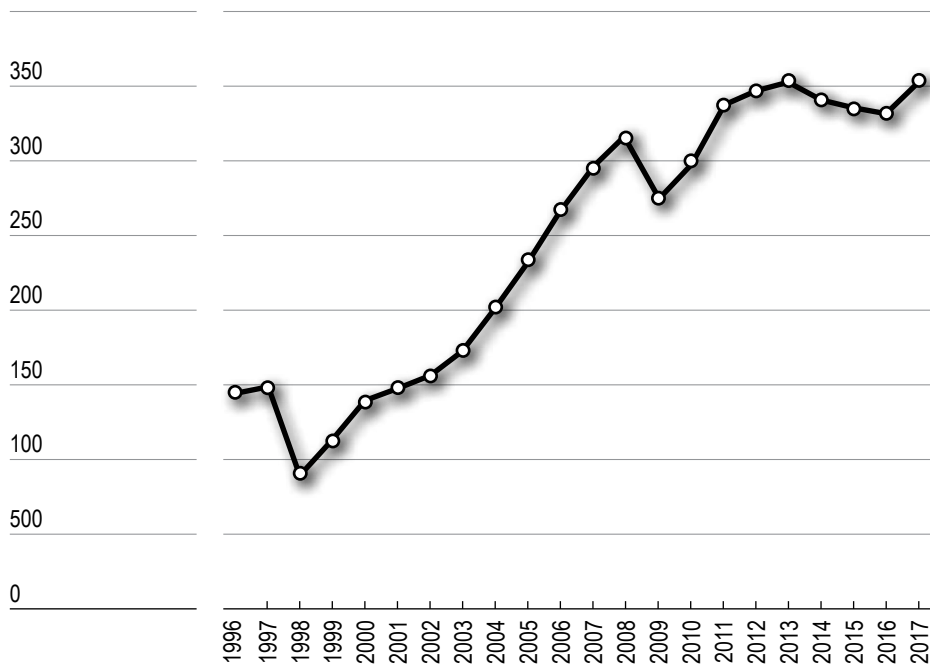


Рис. 3.

**ВРП на душу населения в среднем по России
(тыс. руб. в ценах 2012 г.)**

Fig. 3. Value Regional Product Per Capita Average For Russia (2012 constant 000 rubles).

Географические различия в величине душевого ВРП в

России весьма велики. Традиционными аутсайдерами по величине этого показателя являются Республики Чечня и Ингушетия (115 и 125 тыс. руб. на человека в год в текущих ценах, соответственно). Немногим выше эти показатели были в Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии (160 тыс. руб.). Лидирующие позиции по величине ВРП традиционно удерживают малозаселенные регионы с активной нефте- и газодобычей – Ханты-Мансийский а.о. (2,1 млн руб. на человека в год), Ямало-Ненецкий а.о. (4,6 млн руб.) и Ненецкий а.о. (6,3 млн). Таким образом лидирующий и отстающий субъект отличались по размеру душевого ВРП более чем в 50 раз (!). Если в последних его значения находятся на уровне наиболее богатых стран мира (Норвегия, Швейцария), то в Чечне значения показатель аналогичны таким странам как Камерун, Пакистан, Йемен.

К регионам с высоким уровнем ВРП в 2017 году можно было отнести 7 из 85 субъектов Российской Федерации (см. рис. 4). Явно выражен «ресурсный» характер их благосостояния. Шесть из упомянутых семи регионов известны своей специализацией на добыче полезных ископаемых: нефти и газа (ЯНАО, ХМАО, Ненецкий АО, Сахалинская обл., Ненецкий а.о.), рудных полезных ископаемых, преимущественно золота (Чукотский а.о., Магаданская обл.). Единственным исключением в данном списке остается г. Москва, где высокий ВРП является главным образом следствием выполнения функций административного и экономического центра страны.

Среди оставшихся территорий относительно высоким уровнем ВРП выделяются регионы с развитой промышленностью и крупными городскими центрами. Часть из этих субъектов расположена в пределах Уральского ФО – Пермский край, Свердловская область, Татарстан, Башкортостан, Повышенными значениями ВРП в пределах ЦФО отличаются также Санкт-Петербург, а также регионы окружающие два крупнейших мегаполиса – Московская и Ленинградская области и, кроме того Белгородская область успеши в развитии которой традиционно связываются с эффективной деятельностью региональной администрации. Повышения значения показателя также наблюдаются в Мурманской области, Республике Коми, в Тюменской области, в Красноярском крае и на Камчатке, где их также можно связать с эффектом от эксплуатации и первичной переработки наиболее прибыльных природных ресурсов (апатиты, рудные полезные ископаемые и нефть, рыбные ресурсы).

Пространственная локализация высоких показателей ВРП в России по сути определяются двумя факторами – возможностью по эксплуатации природной ренты и близостью к крупнейшим мегаполисам и административным центрам. Число факторов, с которыми связана неблагоприятная экономическая обстановка намного больше, низкими показателями душевого ВРП характеризуется несколько разнородных групп регионов.

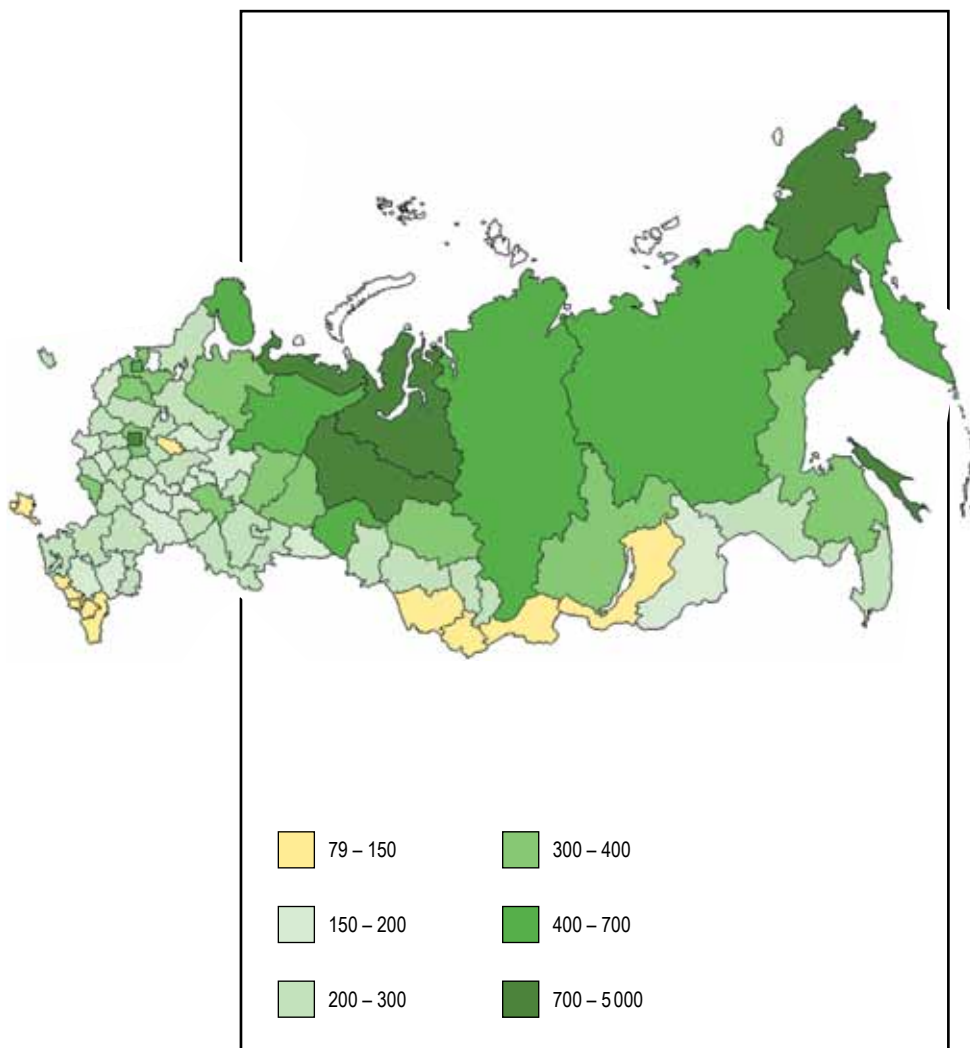


Рис. 4.

**ВРП на душу населения по регионам России
(тыс. руб. в ценах 2012 г.).**

Fig. 4. Regional Product Per Capita For Russian Regions (2012 constant 000 rubles).

Во-первых, к их числу относится большинство т.н. **национальных окраин**, -- регионы, в национальном составе преобладают этнические меньшинства с доминирующим традиционным укладом жизни, и, при этом отсутствуют прибыльные, активно эксплуатируемые природные ресурсы (национальные республики Сев. Кавказа и Калмыкия, национальные образования южной части Сибири и Дальнего Востока).

Вторая группа территорий – *географические лакуны*, территории, удаленные от основных центров экономической деятельности, крупных городов и ключевых транспортных магистралей). Помимо своего «неудобного» географического положения, эти территории как правило, отличаются высокой долей сельского населения и аграрного сектора. К числу таких регионов относятся Алтайский край, Еврейская а.о., Курганская область.

Третью, самую малочисленную группу образуют *депрессивные территории*, где низкий ВРП является сравнительно новым по историческим меркам явлением и связан с конъюнктурным или более долгосрочным упадком основной для этих регионов отрасли специализации. Наиболее яркий пример такого рода – Ивановская область, отличавшаяся в дореволюционные и советские времена развитой легкой промышленностью, которая в рыночных условиях оказалась неконкурентоспособна и многократно снизила объемы выпуска за 90-е годы.

Наконец, низкими значениями показателя отличается *Крым и г. Севастополь*, где слабое развитие хозяйственной деятельности, по-видимому, является историческим явлением – связано с недоинвестированием этих периферийных территорий во время пребывания Украины и с отставанием этого государства от России по уровню социально-экономического развития.

Особый интерес представляет динамика изменения регионального ВРП. Так, за десять лет – с 2007 по 2017 г. в среднем по стране душевой ВРП в постоянных ценах возрос на 19%, однако в региональном разрезе его динамика варьировала от -17% в Ханты-Мансийском а.о. до +133% в Магаданской области (см. рис. 5). Такие, экстремальные, наиболее сильные среди других регионов подвижки определялись динамикой развития ресурсного сектора (добыча нефти и газа, золота, соответственно). С этой точки зрения показательны разнонаправленные изменения показателя в Ханты-Мансийском а.о. и соседним с ним Ямало-Ненецком а.о. (в его пределах душевой ВРП за тот же период, напротив, вырос на 84% в постоянных ценах), которые четко отражают процесс смещения добывающей промышленности на север Западной Сибири. Ресурсный фактор (освоение новых месторождений, расширение добычи полезных ископаемых) также объясняет значительный рост ВРП Астраханской области и Якутии.

В целом картина изменения душевого ВРП остается довольно «пестрой» и не обнаруживает крупных пространственных закономерностей – во всех частях страны есть как лидирующие, так и отстающие по этому показателю регионы. Среди отдельных любопытных явлений можно отметить значительный рост душевого ВРП в Калужской области (+71% в постоянных ценах), который связан с удачным проектом развития промышленных зон на севере региона. Обращает на себя внимание отрицательная динамика душевого ВРП в г.Москве, что, по-видимому, связано с отрицательной

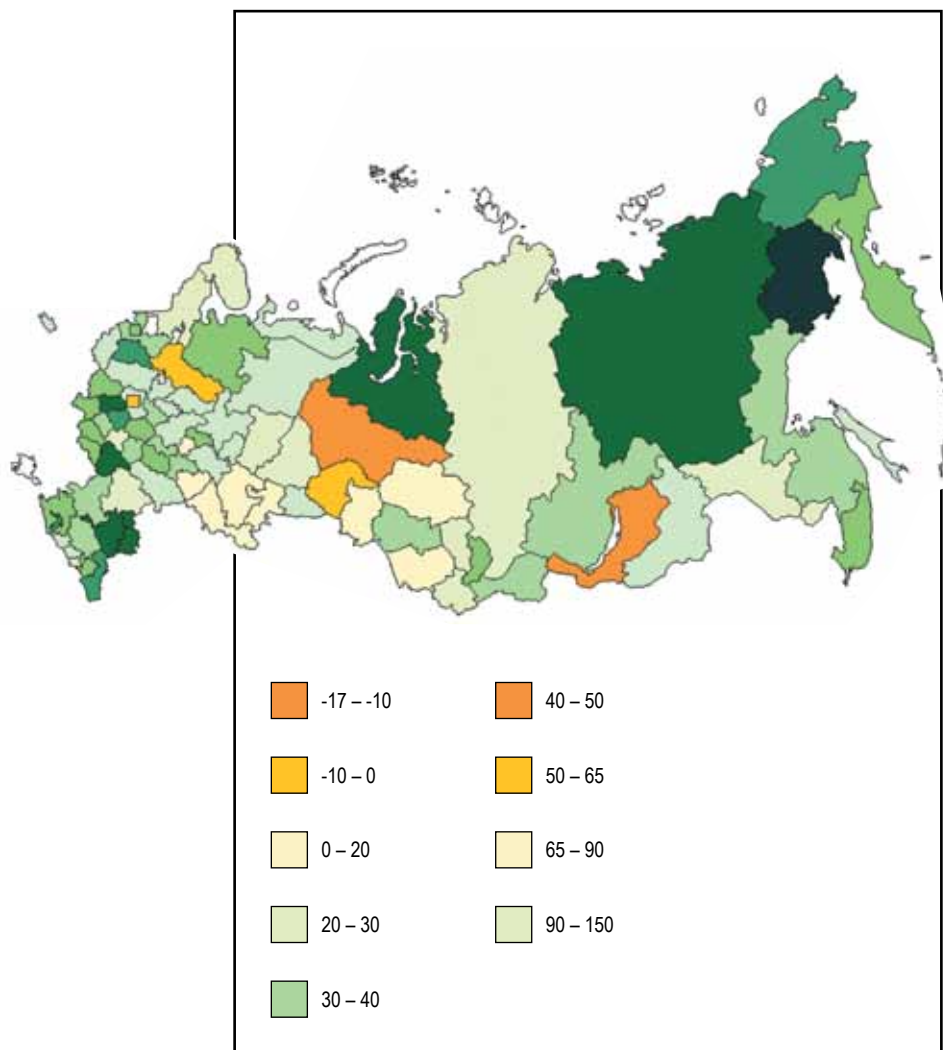


Рис. 5. Изменение ВРП на душу населения в регионах России, 2017 г. к 2007 г. в постоянных ценах (%).
Fig. 5. Changes of Per Capita Regional Product For Russian Regions, 2017/2007 constant prices (%).

динамикой денежных доходов населения на крупнейшем потребительском рынке страны.

В последние годы существенных изменений душевого ВРП на региональном уровне не происходит – наблюдается относительно слабая разнонаправленная динамика показателя без четких пространственных закономерностей (см. рис. 6) за единственным исключением. Наивысшие показатели

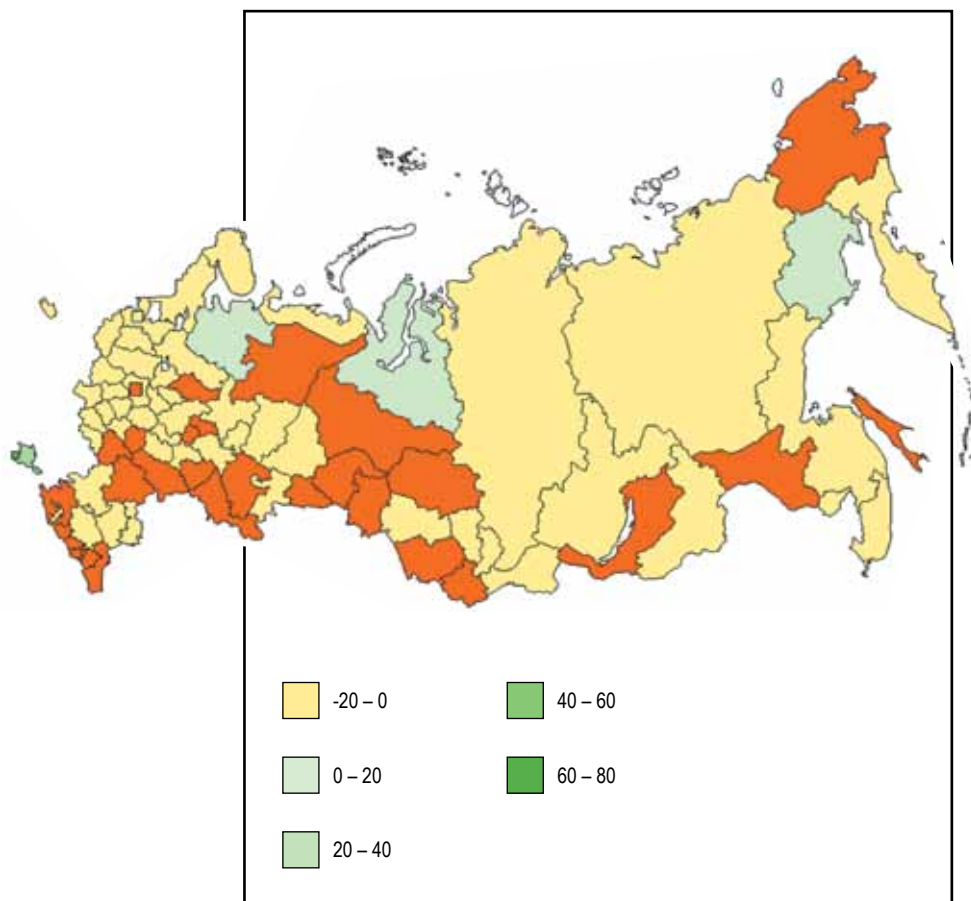


Рис. 6.

Изменение ВРП на душу населения в регионах России, 2017 г. к 2014 г. в постоянных ценах (%).

Fig. 6. Changes of Per Capita Regional Product For Russian Regions, 2017/2014 constant prices (%).

прироста ВРП наблюдаются в перешедших из состава Украины Республике Крым (+53%) и г. Севастополь (+73%). Такая особенность определяется последствиями активного притока частных инвестиций в рекреационный сектор полуострова и резким увеличением региональных трансфертов по сравнению с теми средствами которые выделялись этому региону во время его пребывания в составе Украины.

ВЫВОДЫ

«Качество» Российской экономики остается низким – за последние 15 лет не наблюдается существенных структурных подвижек и снижения роли сырьевого сектора. Одним из государственных приоритетов в последнее десятилетие обозначен «Поворот на восток» -- опережающее развитие восточной части страны и рост экспортных поставок в этом направлении. Во многих субъектах относящихся к этому макрорегиону действительно наблюдается улучшение экономических показателей и рост регионального ВРП, который в целом несколько превосходит в последнее десять лет показатели регионов Европейской России. Однако, как показывает проведенный анализ, эта позитивная тенденция в основном связана с освоением сырьевых ресурсов, – вес секторов экономики связанных с эксплуатацией природной ренты с 2005 по 2017 г. в большинстве регионов востока страны возрос. Значимыми исключениями из этой тенденции является Забайкальский край и Республика Алтай, где улучшение качественной структуры экономики связано с опережающим развитием рекреационного сектора и сопутствующих отраслей.

После периода быстрого роста в 1998 – 2007 и 2010-2011 гг. количественные показатели экономического развития регионов стагнируют и остаются почти неизменными. На длинном интервале времени – с 2007 по 2017 г. наибольший прирост регионального ВРП демонстрируют регионы расширяющие добычу полезных ископаемых, что подчеркивает сырьевой характер экономики и в целом неудачный результат проектов опережающего экономического развития за счет роста обрабатывающей промышленности и наукоемких секторов экономики. В то же время значительное увеличение ключевого экономического показателя в абсолютном и относительном выражении сумели продемонстрировать отдельные регионы (Белгородская, Калужская области), где местные власти добились успехов в привлечении частных инвестиций в развитие промышленного сектора, за счет мер административной поддержки и развития инфраструктуры.

Рукопись поступила в редакцию 03.06.19 г.,
принята к публикации 02.09.19 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие и международное сотрудничество: проблемы окружающей среды / Генеральная ассамблея ООН. Доклад всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. Записка Генерального секретаря. Нью-Йорк, 4 августа 1987 года. С. 412.
2. Указ Президента Российской Федерации N 440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» Москва, Кремль, 1 апреля 1996 года. [Электронный ресурс]. Официальный интернет-портал правовой информации URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102040449>
3. Показатели устойчивого развития: структура и методология. Пер. с англ. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000. 359 с.
4. Индикаторы устойчивого развития России (эколого-экономические аспекты) / под ред. С.Н. Бобылева, П.А. Макеенко. М.: ЦППП, 2001. 220 с.
5. Arrow, K. J.; Dasgupta, P.; Goulder, L.; Daily, G.; Ehrlich, P. R.; Heal, G. M.; Levin, S.; Maler, K-G.; Schneider, S.; Starrett, D. A.; Walker, B. (2004). "Are we consuming too much?". *Journal of Economic Perspectives*. 18 (3): 147–172.
6. Brown, L. R. (2011). *World on the Edge*. Earth Policy Institute. Norton. ISBN 978-0-393-08029-2.
7. Рубанов И.Н. Расчет индекса устойчивого развития регионов России // Научный сборник «Региональный вестник Востока». №2(62), 2014. С. 58-69.
8. World Development Indicators [Электронный ресурс]. База данных World Bank <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>
9. Витрина статистических данных [Электронный ресурс]. База данных Росстата URL: <https://showdata.gks.ru/finder/>
10. Рубанов И.Н. Описание методики разработки интегральных индикаторов для оценки свойств пространственных объектов и анализ типовых ошибок исследований (на примере индикаторов устойчивого развития и регионов России) / ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Изд-во Московского ун-та, 2019. С. 5-17.
11. Единая межведомственная информационная система [Электронный ресурс]. Государственная статистика ЕМИСС URL: <https://www.fedstat.ru>
12. United Nations Development Programme. Human Development Report. — New York: Palgrave Macmillan, 2014.

References

1. Development and International Economic Co-Operation: Environment / UN General Assembly. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Secretary General Report. N-Y, 4 August 1987. P. 374.
2. Decree of President of Russian Federation N 440 «About conception of Russian Federation transition to Sustainable Development». Moscow, Kremlin, 1 April 1996. [Internet]. Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102040449>
3. Pokazateli ustojchivogo razvitiya: struktura i metodologiya. Translated from English. Tumen: Izd-vo IPOS SO RAN, 2000. P. 359.
4. Indikatory ustojchivogo razvitiya Rossii (ekologo-ekonomicheskie aspekty). / Pod red. S.N. Bobyleva, P.A. Makeenko. M., 2001. P. 220.
5. Arrow, K. J.; Dasgupta, P.; Goulder, L.; Daily, G.; Ehrlich, P. R.; Heal, G. M.; Levin, S.; Maler, K-G.; Schneider, S.; Starrett, D. A.; Walker, B. (2004). "Are we consuming too much?". Journal of Economic Perspectives. 18 (3): 147–172.
6. Brown, L. R. (2011). World on the Edge. Earth Policy Institute. Norton. ISBN 978-0-393-08029-2.
7. Rubanov I.N. Sustainability index calculation for Russian regions // Collection of scientific works "Regional'nyj vestnik Vostoka", №2(62), 2014. Pp. 58-69.
8. World Development Indicators [Internet]. World Bank database URL: <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>
9. Vitrina statisticheskikh dannyh [Internet]. Rosstat database URL: <https://showdata.gks.ru/finder/>
10. Rubanov I. N. Description of the methodology for the development of integrated indicators for assessing the properties of spatial objects and analysis of typical research errors (for example, indicators of sustainable development and regions of Russia) / InterCarto. Intergis. Geoinformation support of sustainable development of territories: Materials of Intern. Conf. Moscow: publishing house of Moscow University, 2019. C. 5-17.
11. Edinaya mezhvedomstvennaya informacionno-statisticheskaya sistema. EMISS – Gosudarstvennaya statistika. [Internet] URL: <https://www.fedstat.ru>
12. United Nations Development Programme. Human Development Report. New York: Palgrave Macmillan, 2014.

ОБ АВТОРАХ

- Рубанов И.Н. старший научный сотрудник Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: rubanovin@yandex.ru.
- Нокелайнен Т.С. ведущий научный сотрудник Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: nokelta@rambler.ru.
- Калинкин И.В., научный сотрудник Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: ikl@geogr.msu.su.
- Игонин Александр Иванович, кандидат географических наук, младший научный сотрудник Лаборатории комплексного картографирования, Географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.
ScopusID: 53863614000, Researcher ID: M-2916-2015.
Телефон: +7(495) 939-23-54 E-mail: geoigonin@gmail.com

About the authors

- Rubanov I.N. Senior Researcher Geography Department of MSU by M.V. Lomonosov.
E-mail: rubanovin@yandex.ru.
- Nokelaynen T.S. Leading Researcher Geography Department of MSU by M.V. Lomonosov.
E-mail: rubanovin@yandex.ru.
- Kalinkin I.V. Researcher Geography Department of MSU by M.V. Lomonosov.
E-mail: rubanovin@yandex.ru.
- Igonin Aleksandr Ivanovich, Candidate of Geographical Sciences, Junior researcher of the Integrated Mapping Laboratory, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University.
ScopusID: 53863614000, Researcher ID: M-2916-2015.
Phone: +7(495)939-23-54. E-mail: geoigonin@gmail.com

25.00.29
УДК 551.501.81

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

Созаева Л. Т.,
Макитов В.С.

Высокогорный геофизический институт,
г. Нальчик, Россия
ljk_62@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РАСТУЩИХ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ КАПЕЛЬ НА ИХ РАССЕИВАЮЩИЕ СВОЙСТВА

Введение.

Известно, что в условиях свободного падения в облаках и осадках капли деформируются и принимают различные формы. Экспериментальные работы, выполненные в аэродинамической трубе, показывают, что капли под влиянием электромагнитного поля еще больше деформируются. Такие работы позволяют более точно оценить размеры, форму и ориентацию капель, что находит применение при исследовании их рассеивающих свойств (поперечных сечений обратного рассеяния).

Материалы и методы исследования. Для определения фактора формы капель, растущих в грозоградовых облаках, были использованы результаты численного моделирования, лабораторных исследований в аэродинамической трубе и натурных экспериментов с поляриметром. В случае сферических капель расчеты характеристик рассеяния были проведены по Ми. Для деформированных капель использовался метод разделения переменных, модифицированный для частиц формы произвольного сфероида.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведены расчеты поперечных сечений обратного рассеяния деформированных капель, растущих под влиянием горизонтального электрического поля. Рассмотрены капли с различными степенями деформации. Для сравнительного анализа представлены расчеты поперечного сечения обратного рассеяния сферических капель. Показано, что при увеличении степени деформации растущих в электрическом поле капель, значения поперечных сечений обратного рассеяния более существенно отклоняются от аналогичных значений для эквивалентных сфер.

Выводы.

Полученные результаты могут быть полезны при разработке методов радиолокационного исследования грозоградовых облаков.

Ключевые слова:

теория рассеяния, поперечное сечения обратного рассеяния, степень деформации капель, разбрызгивание капель, грозоградовые облака.

Sozaeva L.T.,
Makitov V.S.

Federal state budgetary institution
«High-Mountain geophysical institute», Nalchik, Russian Federation
ljk_62@rambler.ru

INFLUENCE THE DEFORMATION OF THE DROPS GROWING IN THE ELECTROMAGNETIC FIELD ON THEIR SCATTERING PROPERTIES

Introduction. It is known that under conditions of free fall in clouds and precipitation the drops deform and take different forms. Experimental work carried out in the wind tunnel shows that the drops under the influence of the electromagnetic field deform even more. Such works allow to more accurately estimate the size, shape and orientation of the drops, which are used in the study of their scattering properties (backscattering cross sections).

Materials and methods of research.

To determine the shape factor of drops growing in thunderstorm clouds, the results of numerical modeling, laboratory studies in a wind tunnel and field experiments with a polarimeter were used. In the case of spherical drops, the scattering characteristics were calculated by Mie. For deformed drops, a variable separation method modified for particles of free spheroid shape was used.

**Research results
and discussion.**

Calculations of the backscattering cross-section of deformed drops growing under the influence of a horizontal electric field are carried out. Drops with different degrees of deformation are considered. For comparative analysis, the calculations of the backscattering cross-section of spherical droplets are presented. It is shown that with an increase in the degree of deformation of drops growing in the electric field, the values of backscattering cross sections deviate more significantly from similar values for equivalent spheres.

Summary. The obtained results can be useful in the development of methods of thunderstorm clouds' radar research.

Keyword: scattering theory, backscattering cross section, the degree of drops' deformation, drops' spraying, thunderstorm clouds.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка новых методов радиолокационных исследований микрофизических параметров грозоградовых облаков предполагает учет влияния электрической активности облачной среды на процессы роста капель и кристаллов. В особенной степени это важно для правильной физической

интерпретации характеристик отраженного радиолокационного сигнала при формировании ливневых осадков и града. Как известно, рост капель в электромагнитном поле сопровождается целым рядом физических явлений, детальный учет каждого из которых не всегда представляется возможным. В этом плане большой интерес представляют экспериментальные работы, выполненные в последние годы, авторы которых анализируют рост капель в аэродинамической трубе под влиянием электромагнитного поля с заданными характеристиками [1, 2].

В этих публикациях приводятся данные фоторегистрации растущих капель, выполненные с высоким пространственно-временным разрешением. Такой подход позволяет более точно оценить размеры, форму и ориентацию растущих в электромагнитном поле капель. Появляется уникальная возможность рассчитать рассеивающие характеристики отдельных частиц и радиолокационные параметры спектра растущих капель с учетом их реальных геометрических размеров. Очевидно, что для оценки максимальных значений радиолокационной отражаемости облачного объема, наиболее важной стадией роста капли является ее деформация перед финальным разбрызгиванием. Именно на этой стадии поперечное сечение обратного рассеяния капли достигает своего максимального значения. Исходя из того, что геометрические размеры растущих в электрическом поле капель могут значительно превосходить их максимальные значения в отсутствии поля, учет влияния этого фактора крайне важен при разработке радиолокационных методов количественной параметризации ливневых осадков и града, особенно в случае их одновременного выпадения [3]. Расчет поперечного сечения обратного рассеяния капли, растущей в электромагнитном поле на стадии, когда ее форма близка к сферической, а также в период максимальной деформации, когда ее форма приближается к сплюсненному сфероиду, могут в значительной степени прояснить вклад каждого из этих значений в суммарную отражаемость облачного объема. В связи с этим целью настоящей работы является:

- разработка методики расчета поперечного сечения обратного рассеяния для капель, имеющих форму произвольного сфероида и экстремальные размеры, характерные для режима роста под влиянием горизонтального электрического поля;
- оценка влияния горизонтального электрического поля на рассеивающие свойства капель на стадии достижения максимального размера перед разбрызгиванием.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дистанционные методы исследования дисперсных сред (облака, осадки, аэрозоли, межзвездная пыль и т.д.) широко используемые в настоящее время в различных областях науки и имеют большое прикладное значение. В основе этих методов лежит точное решение задачи рассеяния электромагнитной волны изолированной сферической частицей, предложенное Ми. Это решение было получено на сферическом базисе методом разделения переменных. Выражение для расчета поперечников обратного рассеяния имеет вид [4]:

$$\sigma(r, m, \lambda) = \frac{\lambda^2}{4\pi} \left| \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n (2n+1)(a_n - b_n) \right|^2 \quad (1)$$

где r – радиус частицы;
 λ – длина волны электромагнитного излучения;
 m – комплексный показатель преломления;
 a_n и b_n – коэффициенты, зависящие от цилиндрических функций Бесселя первого рода для решения внутри сферы и Ханкеля второго рода для решения вне сферы.

Однако реальные рассеиватели, как правило, являются несферическими, а теория Ми до сих пор должным образом не была разработана для несферических частиц. Были известны лишь приближенные методы, область применения которых весьма ограничена. Сотрудники Санкт-Петербургского университета, решая задачу на сфероидальном базисе, модифицировали метод разделения переменных для частиц формы произвольного сфероида.

Согласно предложенному методу [5, 6], сфероидальная система координат вводится таким образом, что начало координат совпадает с центром сфероида. При этом большая ось сфероида обозначается через a , а малая через b . Предполагается, что на частицу падает плоская поляризованная волна, которая может быть представлена в виде суперпозиции вертикально поляризованной (ТМ мода) и горизонтально поляризованной (ТЕ мода) волн. Для каждой из этих волн электрический и магнитный вектора, соответственно вибрируют перпендикулярно плоскости падения. В этом случае выражения для поперечных сечений обратного рассеяния определяются следующим образом [6]:

для ТМ моды:

$$\sigma^{TM} = \frac{4\pi}{(2\pi/\lambda)^2} \left| \sum_{l=1}^{\infty} i^l b_l^{(1)} S_{1l}(c, \cos \alpha) - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{l=m}^{\infty} i^{(l-1)} (k_1 a_{ml}^{(1)} S_{ml}(c, \cos \alpha) - i b_{ml}^{(1)} \frac{dS_{1l}(c, \cos \alpha)}{d \cos \alpha}) \sin \alpha \right|^2, \quad (2)$$

$$b_l^{(1)} = -2 i^l \frac{[(\xi_0^2 - 1)^{1/2} R_{1l}^{(1)}(c, \xi_0)]}{[(\xi_0^2 - 1)^{1/2} R_{1l}^{(3)}(c, \xi_0)]} N_{1l}^{-2}(c) S_{1l}(c, \cos \alpha),$$

для ТЕ моды:

$$\sigma^{TE} = \frac{4\pi}{(2\pi/\lambda)^2} \left| \sum_{l=1}^{\infty} i^l a_l^{(1)} S_{1l}(c, \cos \alpha) - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{l=m}^{\infty} i^{(l-1)} (k_1 a_{ml}^{(1)} S_{ml}(c, \cos \alpha) - \right. \quad (3)$$

$$\left. - i b_{ml}^{(1)} \frac{dS_{1l}(c, \cos \alpha)}{d \cos \alpha} \right) \sin \alpha \Big|^2,$$

$$a_l^{(1)} = -2 i^l \frac{R_{1l}^{(1)}(c, \xi_0)}{R_{1l}^{(3)}(c, \xi_0)} N_{1l}^{-2}(c) S_{1l}(c, \cos \alpha),$$

$$\xi_0 = \left(\frac{a}{b} \right)^{(1+\tilde{f})/2} \left[\left(\frac{a}{b} \right) - 1 \right]^{-1/2},$$

где параметр

$\tilde{f} = 1$ для вытянутых сфероидальных координат,

$\tilde{f} = -1$ для сплюснутых сфероидальных координат;

α – угол падения электромагнитной волны к оси вращения сфероид;

k_1 – волновое число в вакууме;

c – безразмерный параметр;

γ – длина электромагнитной волны;

$S_{ml}(c, \eta \xi)$ – вытянутые угловые сфероидальные функции,

$R_{ml}^{(1),(3)}(c, \eta \xi)$ – вытянутые радиальные сфероидальные функции первого и третьего порядка,

$N_{ml}(c_i)$ – нормировочный множитель.

На практике для определения фактора формы капель, растущих в грозоградовых облаках, можно использовать выражение [7]:

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{1.012 - 0.144 \cdot (D_v) - 1.03 \cdot (D_v)^2}, \quad (4)$$

где D_v – диаметр эквивалентной сферической капли в [см].

Эта формула была получена путем обобщения результатов лабораторных исследований в аэродинамической трубе, натурных экспериментов с использованием поляриметра и численного моделирования фактора формы капель.

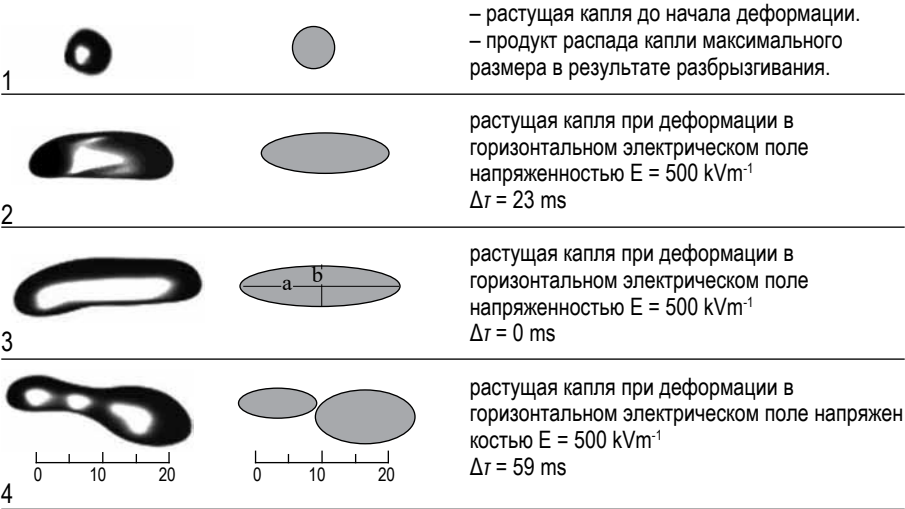


Рис. 1.

Приближенная схема представления растущей в электрическом поле капли с эквивалентным радиусом 3.625 мм.

Fig. 1. The approximate scheme representing growing in the electrical field droplet with equivalent radius 3.625 mm.

Результаты, полученные в [1, 2] представляют повышенный интерес именно тем, что авторы анализируют рост капель в аэродинамической трубе под влиянием электрического поля заданной напряженности. На рисунке 1 размещена приближенная схема деформации капли, эквивалентный радиус которой равен 3.625 мм [1]. Слева показаны снимки деформируемой капли в различные моменты времени, а в центре приведены соответствующие геометрические формы, которыми аппроксимируются капли. На фрагменте 1 представлена капля, растущая при отсутствии электрического поля, ее форма близка к сферической. В этом случае аппроксимация формы капли сферой выглядит вполне оправданной. Также сферой можно аппроксимировать продукты распада капли максимального диаметра в результате разбрызгивания. Дальнейший рост капли, и влияние аэродинамических эффектов вызывают процесс деформации, и с момента $\Delta t = 0$ форма капли аппроксимируется сфероидом (фрагмент 2). Именно с этого момента, на растущую в аэродинамической трубе каплю начинает действовать электрическое поле напряженностью $H = 500 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-1}$, под влиянием которого ее горизонтальные размеры заметно увеличиваются (по сравнению со случаем без электрического поля). При $\Delta t = 23 \text{ мс}$ большая ось сфероида приближается к 20 мм (фрагмент 3), а при $\Delta t = 59 \text{ мс}$ уже существенно превосходит это значение (фрагмент 4). В этот момент наиболее подходящей аппроксимацией формы растущей капли является сочетание двух сфероидов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, в условиях свободного падения капли принимают различные формы. В период первоначального роста они сферические. По мере роста в облаках под действием сил гравитации и сопротивления воздуха форма капель меняется. Так, у капель более 1 мм нижняя часть начинает прогибаться внутрь; чем больше диаметр, тем больше прогибается основание. На определенном этапе капли начинают захватывать небольшой объем воздуха перед собой, приобретая форму сплюсненного сфероида. Начиная, с диаметра 6 мм и более становятся неустойчивыми и начинают распадаться на отдельные фрагменты, размеры которых соответствуют размерам дождевых капель, которые и достигают поверхности земли. Как известно, в реальных грозоградовых облаках на рост капель оказывает влияние еще и электрическое поле, инициируемое естественной грозовой активностью, сопровождающей процесс формирования ливневых осадков и града. В этом случае форма, ориентация и размер могут существенно отличаться от аналогичных значений растущих капель при отсутствии электрического поля.

Рассматривались рассеивающие свойства капель, падающих в области осадков, где преобладают температуры около 10 °С. В этой части облака могут присутствовать крупные капли, диаметр которых может достигать 8 мм.

Характеристики рассеяния реальных капель определялись для различных размеров и форм.

Расчеты поперечных сечений обратного рассеяния сферических капель были проведены по Ми, а сфероидальных капель по В.Г. Фарафонову с учетом фактора формы. Поперечные сечения обратного рассеяния при различной поляризации сигнала зависят от фактора формы (рис. 2). Чем больше размер капли, тем больше разница между поперечниками обратного рассеяния вертикальной (ТМ – моды) и горизонтальной (ТЕ – моды) поляризации. До размеров $r < 0.12$ см (рэлеевская область), три кривые совпадают. От размеров $r < 0.12$ см проявляется влияние формы частицы на поперечники обратного рассеяния [8].

В таблице 1 приводятся результаты расчетов нормализованных поперечных сечений обратного рассеяния (отнесенные к πR_v^2) для деформированных капель, позаимствованных из работы [1] при наличии горизонтального электрического поля. В расчетах длина волны была равна $\lambda = 5.5$ см, что соответствует длине волны электромагнитного излучения доплеровского метеорологического радиолокатора с двойной поляризацией ДМРЛ-С.

Графическая интерпретация результатов приводится на рисунке 3, на котором показаны зависимости нормализованных поперечных сечений обратного рассеяния от эквивалентного радиуса для случаев с различной степенью деформации капель с учетом влияния горизонтального электрического поля и без.

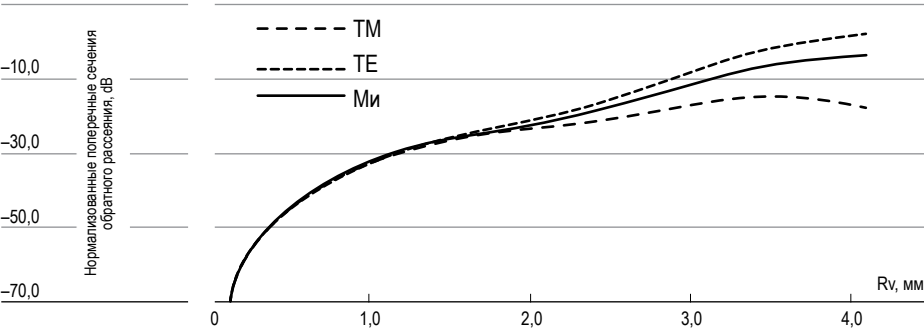


Рис. 2. Зависимость нормализованных сечений обратного рассеяния капель воды от эквивалентного радиуса для длины волны $\lambda = 5.5$ см: Ми – эквивалентная сферическая капля, ТМ – горизонтально и ТЕ – вертикально поляризованные составляющие для сфероидальной капли.

Fig. 2. Dependence of normalized backscattering cross sections of water drop on the equivalent radius for wavelength $\lambda = 5.5$ cm: Ми – an equivalent spherical drop, ТМ – horizontal and ТЕ – vertically polarized component for the spheroidal drop.

Таблица 1. НОРМАЛИЗОВАННЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ СЕЧЕНИЯ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ КАПЕЛЬ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Table 1. Normalized backscattering cross sections of drops with varying degrees of deformation in the presence of a horizontal electric field

Эквивалентный радиус, мм	Оси сфероида		Фактор формы, a/b	Нормализованные поперечные сечения обратного рассеяния, dB		
	a	b		сфероид, ТМ	сфероид, ТЕ	сфера, Ми
Средняя деформация капель						
3,3	14,98	4,39	3,4123	-20,82	-1,37	-7,39
3,5	15,8	4,67	3,3833	-19,58	-0,5	-6,04
3,625	17,08	4,73	3,6110	-19,3	0,27	-5,4
Максимальная деформация капель						
3,3	17,7	4,04	4,3812	-21,46	0,06	-7,39
3,5	19,05	4,25	4,4824	-20,96	1,08	-6,04
3,625	20,07	4,36	4,6032	-20,68	1,63	-5,4
Экстремальная деформация капель						
3,5	29	3,44	8,4302	-21,7	4,81	-6,04
3,625	42	3,01	13,9535	-22,50	7,68	-5,4

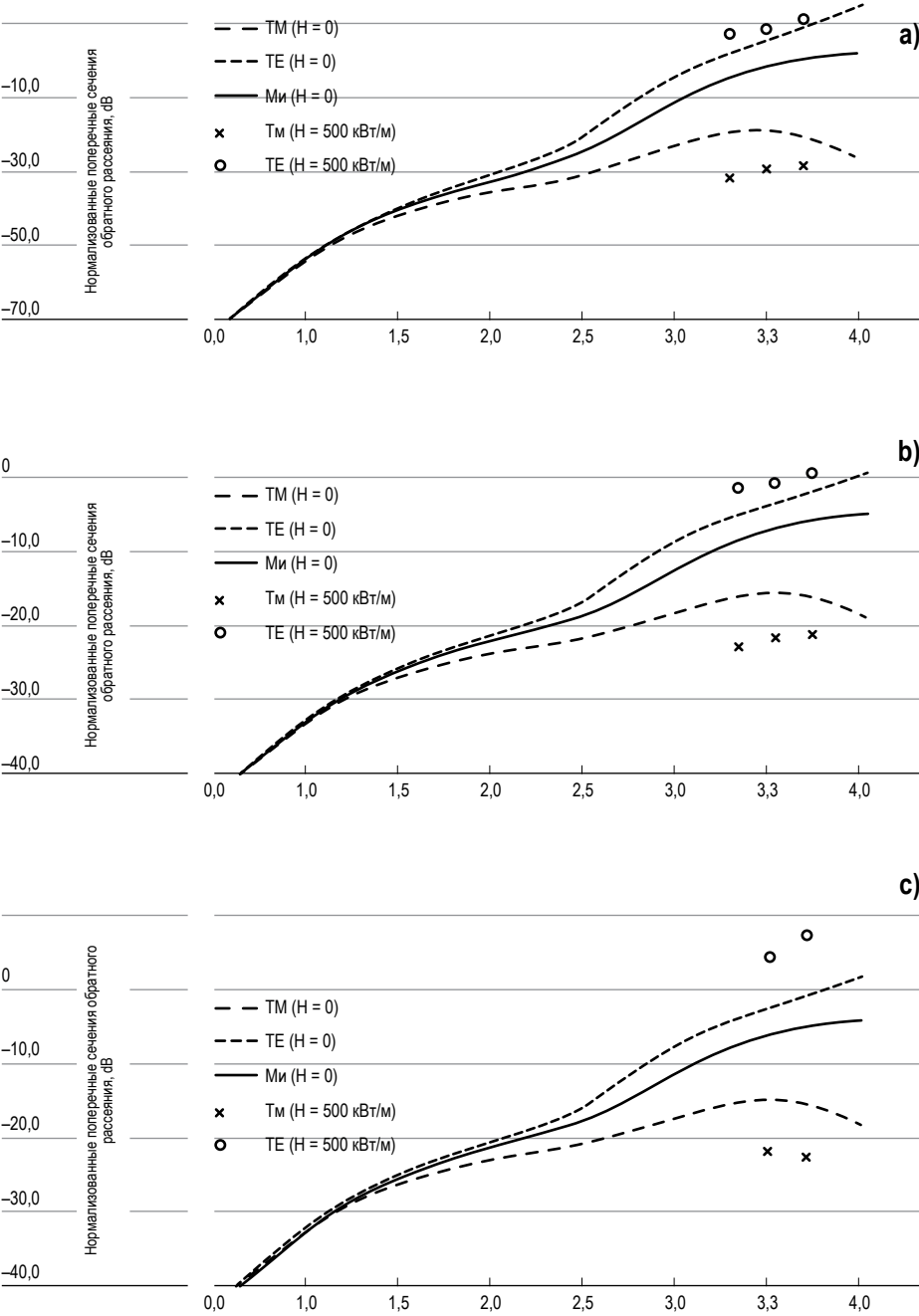


Рис. 3. Нормализованные поперечные сечения обратного рассеяния капель с учетом влияния горизонтального электрического поля для случаев с различной степенью деформации: а) средней, б) максимальной, в) экстремальной.

Fig. 3. Normalized backscattering cross sections of droplets taking into account the influence of the horizontal electric field for cases with different degrees of deformation: a) average, b) maximum, c) extreme.

Сопоставительный анализ рисунков 2 и 3 показывает, что при увеличении степени деформации растущих в электрическом поле капель, значения поперечных сечений обратного рассеяния более существенно отклоняются от аналогичных значений для эквивалентных сфер. При этом различия между поперечниками обратного рассеяния вертикальной (ТМ – моды) и горизонтальной (ТЕ – моды) поляризации для случаев средней (рис. 3 а) и максимальной (рис. 3 б) деформации практически совпадают, хотя и значительно отличаются от значений для частиц с идентичным эквивалентным радиусом при отсутствии электрического поля (рис. 1). Мы имеем два случая с экстремальной деформацией, когда горизонтальные размеры капель перед разбрызгиванием достигали 2.9 и 4.2 мм соответственно (рис. 3 с). Очевидно, что в естественных условиях, при отсутствии электрического поля приближение растущей капли к таким размерам невозможно. Именно для этих размеров отмечается максимальное различие между горизонтально и вертикально поляризованными составляющими. Как известно, значение реальной радиолокационной отражаемости определяются спектральными характеристиками облачного объема, которые в большей степени зависят именно от наиболее крупных частиц спектра. В этом плане наличие таких капель может существенно изменить значения, как радиолокационной отражаемости, так и поляризационных характеристик зон локализации ливневых осадков и града.

ВЫВОДЫ

Предложенная в работе методика расчета поперечного сечения обратного рассеяния капли воды позволяет рассчитывать горизонтальную и вертикальную поляризационные составляющие для частиц с любой степенью деформации. Для расчета поперечного сечения обратного рассеяния частиц различного размера и формы были использованы экспериментальные данные для капель, растущих в аэродинамической трубе под влиянием горизонтального электрического поля.

Показано, что при увеличении степени деформации растущей в электрическом поле капли, значения поперечного сечения обратного рассеяния более существенно отклоняются от аналогичных значений для эквивалентных сфер воды. Различия между поперечными сечениями обратного рассеяния при вертикальной и горизонтальной поляризации для случаев средней и максимальной деформации практически совпадают, хотя и значительно отличаются от значений для частиц с идентичным эквивалентным радиусом при отсутствии электрического поля. Максимальное различие между горизонтально и вертикально поляризованными составляющими отмечается для капель формы сфероида с экстремальными горизонтальными размерами (2.9 и 4.2 мм).

Полученные результаты могут быть полезны при разработке методов радиолокационного исследования грозоградовых облаков. В том числе с ис-

пользованием ДМРЛ-С (доплеровский метеорологический радиолокатор с двойной поляризацией), которые устанавливаются Росгидрометом на территории России с целью создания единой системы радиолокационных метеорологических наблюдений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bhalwankar Rohini, C. G. Deshpande, A. K. Kamra. Breakup modes of the drops suspended in a vertical wind tunnel in presence of the horizontal electric field // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 10.1002/2016 JD025805. p. 1838–1849.
2. Bhalwankar R. V., Kamra A. K. A wind tunnel investigation of the deformation of water drops in the vertical and horizontal electric fields // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2007. Vol. 112, D10215. doi:10.1029/2006JD007863.
3. Makitov Viktor. Radar measurements of integral parameters of hailstorms used on hail suppression projects // *Journal of Atmospheric Research*. 2007. Vol. 83. p. 380–388.
4. Bohren C. and Huffman D. *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*, New York: John Wiley & Sons, 1983. p. 660.
5. <http://www.astro.spbu.ru> (дата обращения 08.01.2019).
6. Farafonov V.G. Application of non-orthogonal bases in the theory of light scattering by spheroidal particles, In Kokhanovsky A.A. (Ed.), *Light Scattering Reviews*, London: Springer-Praxis. 2013. №8. p. 189–268
7. Andsager K., Beard K., and Laird N. (1999). Laboratory measurements of axis ratios for large raindrops // *J. Atmos. Sci.* 56. p. 2673–2683.
8. Кагермазов А.Х., Созаева Л.Т. Расчет поперечных сечений обратного рассеяния несферических капель в облаках и осадках // *Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук*. 2014. Т. 16. № 4. С. 91–96.

REFERENCES

1. Bhalwankar Rohini, C. G. Deshpande, A. K. Kamra. Breakup modes of the drops suspended in a vertical wind tunnel in presence of the horizontal electric field // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 10.1002/2016 JD025805. p. 1838–1849.
2. Bhalwankar R. V., Kamra A.K. A wind tunnel investigation of the deformation of water drops in the vertical and horizontal electric fields // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2007. Vol. 112, D10215. doi:10.1029/2006JD007863.
3. Makitov Viktor. Radar measurements of integral parameters of hailstorms used on hail suppression projects // *Journal of Atmospheric Research*. 2007. Vol. 83. p. 380–388.

4. Bohren C. and Huffman D. Absorption and Scattering of Light by Small Particles, New York: John Wiley & Sons, 1983. . p. 660.
5. <http://www.astro.spbu.ru> (дата обращения 08.01.2019).
6. Farafonov V.G. Application of non-orthogonal bases in the theory of light scattering by spheroidal particles, In Kokhanovsky A.A. (Ed.), Light Scattering Reviews, London: Springer-Praxis. 2013. №8. p. 189-268
7. Andsager K., Beard K., and Laird N. (1999). Laboratory measurements of axis ratios for large raindrops // J. Atmos. Sci. 56. p. 2673 –2683.
8. Kagermazov A.H., Sozaeva L.T., Calculation of back scattering cross section of aspheric drops in clouds and precipitation, Reports of the Adyghe (Circassian) International academy of Sciences, 16 (2014), 91-96.

**Рукопись поступила в редакцию 13.08.2019,
принята к публикации 02.09.2019.**

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Созаева Лежинка Танашевна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»

Адрес: РФ, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. Scopus ID 57204527832. lj_k_62@rambler.ru.
+7 (8 928) 723 20 08

Макитов Виктор Сафарович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»

Адрес: РФ, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. makitov_v@mail.ru. +7 (8662) 40 24 84

About the authors

Sozaeva Lezhinka Tanashevna – candidate of physical and mathematical Sciences, senior research associate of department of physics of clouds of Federal state budgetary institution «High-Mountain Geophysical Institute»

Address: Russia, Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin Ave., 2. Scopus ID 57204527832. lj_k_62@rambler.ru. +7 (8 928) 723 20 08

Makitov Viktor Safarovich – candidate of physical and mathematical Sciences, senior research associate of department of physics of clouds of Federal state budgetary institution «High-Mountain Geophysical Institute»

Address: Russia, Kabardino-Balkar Republic, Nalchik, Lenin Ave., 2. makitov_v@mail.ru. +7 (8662) 40 24 84.

25.00.35
УДК 528.94

ГЕОИНФОРМАТИКА

Тикунов В.С.,
Чихарев И.А.
Панин А.Н.,
Рыльский И.А.

vstikunov@yandex.ru,
ichikharev@yandex.ru,
alex_pantin@mail.ru
rilskiy@mail.ru
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;
Московский инженерно-физический институт (МИФИ)

**АТЛАСНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
СИСТЕМА
«ГЕОПОЛИТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ
В БОЛЬШОМ СРЕДИЗЕМНОМОРЬЕ:
ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО
АНАЛИЗА»**

Формирование многополярного мира обуславливает конструирование новых направлений долгосрочного прогнозирования международной повестки. Значительные возможности для реализации этих целей дает использование атласных информационных систем.

Рассматриваются принципы, методика и технология создания специализированной атласной информационной системы для мониторинга геополитической ситуации в Большом Средиземноморье.

Сочетание картографического, геоинформационного, статистического, геостратегического подхода, реализуемых в рамках концепции АИС, позволяет создать не только форму управляемой визуализации геопространственных данных, но использовать приложение для анализа и прогнозирования развития ситуации в регионе по различным параметрам, рекомендаций для принятия управленческих решений в области внешней политики и применения инструментов «мягкой силы».

Ключевые слова: атласные информационные системы, картографирование геополитической ситуации, пространственный мониторинг.

Tikonov V.S.,
Chiharev I.A.,
Panin A.N.,
Rilsky I.A.

vstikunov@yandex.ru,
ichikharev@yandex.ru,
alex_panin@mail.ru
rilskiy@mail.ru
Lomonosov Moscow State University;
National Research Nuclear University MEPhI
(Moscow Engineering Physics Institute)

Atlas Information System «Geopolitical Situation in the Greater Mediterranean: Principles of Creation and Technology of Spatial Analysis»

- Abstract.** The formation of a multipolar world determines the construction of new directions of long-term forecasting of the international agenda. Significant opportunities for the implementation of these goals are provided by the use of Atlas information systems. The principles, methodology and technology of creating a specialized Atlas information system for monitoring the geopolitical situation in the Greater Mediterranean are considered. The combination of cartographic, GIS, statistical and strategic approach, implemented in the framework of the concept of AIS allows you to create not only the form-driven visualization of geospatial data, but to use the app for analysis and forecasting of situation development in the region on various parameters, recommendations for managerial decision-making in foreign policy and the instruments of «soft power».
- Keywords:** Atlas information systems, mapping of geopolitical situation, spatial monitoring

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования обусловлена тем, что система международных отношений на глобальном и региональном уровне находится в состоянии глубокого кризиса. Формирование многополярного мира обуславливает конструирование новых закономерностей взаимодействия государств, понимание которых необходимо для долгосрочного прогнозирования международной повестки и своевременного реагирования на ее изменения.

В этих условиях необходима разработка и внедрение новых технологий анализа и прогнозирования геополитических взаимодействий, их закономерностей. Значительные возможности для реализации этих целей дает использование атласных информационных систем (АИС) с элементами машинного обучения и искусственного интеллекта.

В последние годы АИС получили широкую известность и активно применяются в самых различных сферах связанных с проблемами комплексного пространственного развития. В их основе лежит картографический/атласный подход к организации и предоставлению информации. Отличия АИС от тра-

диционных атласов заключаются в использовании новейшего арсенала передовых IT-решений, способных обеспечить автоматический сбор и хранение информации, анализ и моделирование процессов, а так же картографировать и распространять результаты через геопортальные технологии.

МЕТОДЫ

Атласная информационная система «Геополитическая ситуация в Большом Средиземноморье» – является комплексной ГИС-платформой для полимасштабной (мир, региона, город, округ, район, квартал, дом) организации данных, картографирования, моделирования и прогнозирования ситуации в области этнодемографических, миграционных, общественно-политических, военно-исторических, экономических, инвестиционных и политических аспектов развития Средиземноморья.

При разработке АИС впервые используется междисциплинарный синтез геоинформационных технологий: лингвистики, социологии, экономики, политологии, политической географии, позволяющий обосновать концепт «Большое Средиземноморье», осуществить комплексное исследование макрорегиона, сформировать инструментарий для анализа и прогнозирования геополитических процессов в регионе.

Стратегическими направлениями исследования является:

- разработка концепции обоснования макрорегиона Большое Средиземноморье;
- создание принципов атласной информационной системы с элементами машинного обучения и искусственного интеллекта для моделирования, и анализа геополитических процессов;
- разработка автоматических методов сбора систематизации данных из диверсифицированных источников информации включая Большие данные (BigData);
- выполнение результирующих картографических моделей для пространственного анализа;
- создание и разработка принципов внедрения Атласной информационной системы (АИС) в органы власти внешнеполитических ведомств России, в качестве инструмента поддержки принятия управленческих решений при анализе геополитической ситуации в регионе.

Большое Средиземноморье является макрорегионом, который в пространственно-политическом аспекте включает в себя 26 государств и ряд непризнанных государствами территорий бассейнов Черного, Сре-

земного и Азовского морей, и опосредованно распространяется на геополитически связанные с этим государствами регионы.

Наше исследование базируется на гипотезе о том, что Большое Средиземноморье представляет собой целостный, исторически сложившийся макрорегион, в котором в силу объективных обстоятельств и влияния заинтересованных политических акторов социальные, экономические, политические, этноконфессиональные и другие процессы развиваются влогике как интеграции, так и фрагментации. Политические процессы в макрорегионе находятся в тесной системно-синергетической взаимосвязи с мировой политической системой, оказывая непосредственное пространственно-временное влияние на формирование тенденций мировых геополитических процессов и развиваясь под их воздействием.

Разработка методики должна учитывать опыт и теоретические аспекты выделения Большого Средиземноморья ученых: Ф. Броделя, И. Валлерстайн, М. Ильина, В. Колосова и др.

Разработка концепции опираться на следующие базисные принципы:

1. Большое Средиземноморье не является исключительно «бассейновым» феноменом – оно приобретает качество «большого пространства» только тогда, когда «подключает» к коммуникативным процессам, характерным для морских сред (торговым, транспортным, военным), – значительные континентальные пространства.
2. Конкретно-исторические параметры региона задаются протяженностью силового поля. Макрорегион в историческом диапазоне формируется как проекция силовых возможностей и стратегического видения ведущих держав и взаимное наложение таких проекций. Таким образом и очерчиваются границы ключевых политических проектов в регионе и его общие контуры.
3. Во времени Большое Средиземноморье охватывает циклы великих империй и мироустроительных идей, «вырастает» над ними и бытует как «центральная цивилизация» [Wilkinson, 1987], то есть географически детерминированная ключевая зона мирового развития.

Соответственно, создание механизмов анализа и моделирования геополитических процессов на базе АИС, поможет выявить закономерности геополитических процессов в регионе, в дальнейшем используя их для анализа и прогнозирования политических процессов в других регионах и во всем мире в целом. Для того, что бы создаваемая атласная информационная система позволила визуализировать компоненты интеграции и фрагментации

макрорегиона и закономерности развития макрорегиона Большое Средиземноморье макрорегионе необходимо сфокусироваться на решении следующих обязательных задач:

1. Проектирование АИС, включающее в себя: сбор, подготовку и предобработку пространственных и статистических данных; разработку инструментов геоанализа на базе геоинформационного ПО; разработку картографического оформления проекта; публикацию веб-сервисов ГИС; создание специальных веб-приложений; веб-дизайн портала АИС; тестирование веб-АИС.
2. Теоретико-методологическое обоснование концепта Большое Средиземноморье, обоснование границ Большого Средиземноморья по разным критериям, визуализирующихся на базе АИС через серию карт «Границы Большого Средиземноморья».
3. Анализ и систематизация факторов фрагментации Большого Средиземноморья, предусматривающая как объяснительные, через серию статей, так и визуальные, через создание серии карт, параметры реализации.
4. Анализ и систематизацию факторов интеграции Большого Средиземноморья, предусматривающая как объяснительные, через серию статей, так и визуальные, через создание серии карт, параметры реализации.
5. Анализ, систематизацию и картографирование геостратегических конфигураций макрорегиона в его ретроспективе и современном состоянии, внешнеполитических стратегий и инструментов влияния государств Большого Средиземноморья и других государственных и негосударственных акторов в регионе.
6. Анализ, систематизацию и картографирование семантических потоков Большого Средиземноморья, значимых в контексте геостратегической конфигурации региона.

Создаваемая АИС обладает уникальными особенностями, в первую очередь ориентацией на пользователей – экспертов, а не узкопрофильных специалистов в области геоинформационных систем. Реализация этой особенности атласных информационных систем возможна благодаря конструированию специальной интегрированной базы геоданных, инструментов пространственного анализа и системы поддержки принятия решений на единой веб-мультимедийной основе.

На основании положений критической геополитики, допускающей возможность целенаправленного формирования геополитического видения мира, представлений о пространстве, о соотношениях между его составляющими, обосновывается концепт «Большое Средиземноморье». Данный подход позволяет преодолеть крайнюю дифференцированность региона, обосновать его геополитическую целостность через взаимосвязи исторического развития, конструирование представлений о общих интересах государств региона.

Положения хронополитики используются для рассмотрения Большого Средиземноморья с позиции признания темпоральной неоднородности развития различных социальных структур и политических систем, которые предопределяют присутствующую в макрорегионе политемпоральность политических процессов.

На основании сравнительно-политического и сравнительно-исторического анализа выявляется общее и особенное в историческом развитии и современном состоянии государств Большого Средиземноморья, устанавливаются точки взаимосвязи между историей макрорегиона и историей города Севастополя, которые могут быть использованы как для развития теоретического знания, так и для формулировки и распространения необходимых «прочтений прошлого».

ВЫВОДЫ

Сочетание картографического, геоинформационного, статистического, геостратегического подхода, реализуемых в рамках уникальной концепции АИС, позволяет создать не только форму управляемой визуализации геопространственных данных, но использовать приложение для анализа и прогнозирования развития ситуации в регионе по различным параметрам, рекомендаций для принятия управленческих решений в области внешней политики и применения инструментов «мягкой силы».

Сочетание герменевтического и феноменологического подходов, семантического анализа политической лексики, охватывающей большие по объему, пространственному и языковому разнообразию данные, позволяет рассматривать общественно-политические взаимодействия в макрорегионе с позиции «конфликта интерпретаций» и говорить о различном восприятии политической реальности, зависящем от используемых акторами международных отношений различных дискурсивных практик, осуществлять анализ политического дискурса и формировать свой информационный контент для реализации стратегий «мягкой силы».

**Рукопись поступила в редакцию 12.07.19 г.,
принята к публикации 02.09.19 г.**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тикунов В.С., Яблоков В.М. Атласная информационная система для Байкальского региона. Материалы международной конференции "Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт", ИнтерКарто/ИнтерГИС 19, Курск, Богота (Колумбия), 2013, с.197-202.
2. Яблоков В.М., Тикунов В.С. Принципы создания атласной информационной системы на базе интернета для устойчивого развития территорий // Вестн. Моск. ун-та, сер. геогр., 2016, №1, с. 29-38.
3. Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. Increasing reliability of indexing sustainable development using multivariate: calculation and mapping. – Proceedings of the International Conference "GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change", InterCarto/InterGIS 22, Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino (Russia), v. 1, Moscow, Scientific Library Publishing House, 2016, pp. 207-212.
4. Tikunov V.S., Tikunova I.N., Eremchenko E.N. Digital Earth as a 'Miracle Cure' for Sustainable Development in the Era of Globalization. – Unfolding the Map. Proceedings of the 8th National Cartographic Conference GeoCart 2016, 4th ICA Regional Symposium on Cartography for
5. Australasia and Oceania, 31st August – 2nd September 2016, Wellington, New Zealand, Occasional Publication N 3, 2017, Ligare Ltd Auckland, pp.55-58

References

1. Tikunov V. S., Yablokov V. M. Atlas information system for the Baikal region. – Proceedings of the international conference "Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience", InterCarto/InterGIS 19, Kursk, Bogota (Colombia), 2013, pp. 197-202.
2. Yablokov V. M., Tikunov V. S. Principles of creation of Atlas information system based on the Internet for sustainable development of territories, Vestn. Mosk. UN-TA, ser. geogr., 2016, N. 1, pp. 29-38.
3. Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. Increasing reliability of indexing sustainable development using multivariate: calculation and mapping. – Proceedings of the International Conference "GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change", InterCarto/InterGIS 22, Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino (Russia), v. 1, Moscow, Scientific Library Publishing House, 2016, pp.207-212.
4. Tikunov V.S., Tikunova I.N., Eremchenko E.N. Digital Earth as a 'Miracle Cure' for Sustainable Development in the Era of Globalization. – Unfolding the Map. Proceedings of the 8th National Cartographic Conference GeoCart 2016, 4th ICA Regional Symposium on Cartography for
5. Australasia and Oceania, 31st August – 2nd September 2016, Wellington, New Zealand, Occasional Publication N 3, 2017, Ligare Ltd Auckland, pp. 55-58

Сведения об авторах

- Тикунов Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор, заведующий НИЛ комплексного картографирования МГУ им. М.В. Ломоносова,
- Чихарев Иван Александрович, кандидат политических наук, доцент МИФИ, e-mail: ichikharev@yandex.ru, тел.: +7(495)342 23 145.
e-mail: vstikunov@yandex.ru, тел.: +7(495)342 23 145.
- Панин Александр Николаевич, кандидат географических наук, доцент, заместитель заведующего НИЛ комплексного картографирования МГУ им. М.В. Ломоносова,
e-mail: alex_panin@mail.ru, тел.: +7(915) 023 77 77.
IstinaResearcherID (IRID): 7752747.
- Рыльский Илья Аркадьевич, кандидат географических наук, научный сотрудник НИЛ комплексного картографирования МГУ им. М.В. Ломоносова, e-mail: rilsky@mail.ru, тел.: +7(495)342 23 145.
ResearcherID (IRID): 6888813.

About the author

- Pips Vladimir Sergeevich, doctor of Geographical Sciences, Professor, head of the laboratory of complex cartography of Lomonosov Moscow State University.,
- Chikharev Ivan Aleksandrovich, candidate of Political Sciences, associate Professor, e-mail: ichikharev@yandex.ru tel: +7(495)342 23 145.
e-mail: vstikunov@yandex.ru. Tel.: +7(495)342 23 145.
- Panin Alexander Nikolaevich, candidate of geographical Sciences, associate Professor, Deputy head of complex mapping Lomonosov Moscow State University, e-mail: alex_panin@mail.ru tel.: +7(915) 023 77 77.
IstinaResearcherID (IRID): 7752747.
- Rylsky Ilya Abramovich, candidate of Geographical Sciences, scientific researcher of the laboratory of complex cartography of Lomonosov Moscow State University,
e-mail: rilsky@mail.ru
tel: +7(495)342 23 145.
ResearcherID (IRID): 6888813

25.00.35
УДК 528.94

ГЕОИНФОРМАТИКА

Игонин А.И.,
Тикунов В.С.

geoigonin@gmail.com
vstikunov@yandex.ru
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РЕГИОНАХ ЕВРОПЫ И РОССИИ

Введение.

В работе описывается методика применения алгоритма математико-картографического моделирования типологических карт для разработки типологии демографической ситуации и применения этих инструментов для геодемографического исследования и мониторинга обширной территории. Формирование обоснованных представлений о дифференциации геодемографического пространства дает возможность оперативно сигнализировать о требуемых изменениях в демографической политике и социально-экономических преобразованиях конкретной территории.

Материалы и методы
исследования.

В рамках исследования демографического развития стран Европы и России разработаны три варианта типологии на базе различных наборов показателей. произведено моделирование тематического содержания трех серий типологических карт за период с 2005 по 2016 годы. Для этих целей использовался алгоритм многовариантной типологии для гомогенных территориальных единиц, объединяемых в группы (таксоны).

Результаты исследований
и их обсуждение.

Многовариантная типология дала неоднородные результаты, что позволяет оценивать широкий спектр территориальных особенностей демографических характеристик населения и выявлять закономерности их распределения. Так, для типологии по второму варианту вместо показателя ожидаемой продолжительности жизни применен общий коэффициент смертности, что усиливает значение данной разработки для анализа демографического движения населения и дает более четкое представление о причинах и генезисе динамики демографической ситуации. В данном конкретном случае расчеты коэффициента неоднородности показали, что таксонов следует выделить пять.

Выводы.

Разработанная математико-картографическая модель типологии регионов Европы и России по трем наборам показателей демографического развития позволяет увидеть пространственные закономерности демографического развития территории и рассмотреть новые грани территориальной дифференциации рассматриваемых регионов.

Ключевые слова:

Демографическая ситуация, математико-картографическое моделирование, типология, Россия, Европа.

Igonin A.I.,
Tikunov V.S.

geoigonin@gmail.com
vstikunov@yandex.ru
Lomonosov Moscow State University

MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELING AND CARTOGRAPHY OF DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE REGIONS OF EUROPE AND RUSSIA

- Introduction.** The paper describes the methodology for applying the algorithm of mathematical cartographic modeling of typological maps to develop a typology of the demographic situation and the use of these tools for geodemographic research and monitoring of a vast territory. The formation of sound ideas about the differentiation of geodemographic space makes it possible to quickly signal the required changes in the demographic policy and socio-economic transformations of a particular territory.
- Materials and methods of research.** In the framework of the study of the demographic development of the countries of Europe and Russia, three typologies were developed based on various sets of indicators. The thematic content of three series of typological maps for the period from 2005 to 2016 was modeled. For these purposes, a multivariate typology algorithm was used for homogeneous territorial units, united into groups (taxa).
- Results of research and discussion.** The multivariate typology gave heterogeneous results, which makes it possible to assess a wide range of territorial features of the demographic characteristics of the population and identify patterns of their distribution. So, for the typology of the second option, instead of the indicator of life expectancy, the general mortality rate was used, which strengthens the significance of this development for the analysis of the demographic movement of the population and gives a clearer idea of the causes and genesis of the dynamics of the demographic situation. In this particular case, calculations of the heterogeneity coefficient showed that five taxa should be distinguished.
- Conclusions.** The developed mathematical-cartographic model of the typology of the regions of Europe and Russia for three sets of indicators of demographic development allows us to see the spatial patterns of the demographic development of the territory and consider new facets of the territorial differentiation of the regions under consideration.
- Keywords:** demographic situation, mathematical-cartographic modeling, typology, Russia, Europe.

Введение

Разработка и применение географической информационной системы (ГИС) для исследования и мониторинга демографического развития подразумевает сбор, анализ и интерпретацию данных демографической статистики. Математико-картографическое моделирование системообразующий метод работы с базой данных ГИС. Для реализации этого метода существует ряд алгоритмов.

В данной работе описывается методика применения алгоритма математико-картографического моделирования типологических карт для разработ-

ки типологии демографической ситуации и применения этих инструментов для геодемографического исследования и мониторинга обширной территории. Типология позволяет получить сравнительные оценочные характеристики для рассматриваемых территорий. Формирование обоснованных представлений о дифференциации геодемографического пространства дает возможность оперативно сигнализировать о требуемых изменениях в демографической политике и социально-экономических преобразованиях конкретной территории.

Цель работы – разработать варианты типологии демографической ситуации регионов Европы и России с помощью реализации алгоритма для моделирования тематического содержания типологических карт, оценить территориальную дифференциацию демографической обстановки на территории северной Евразии. Потребовалось решить ряд задач. Обновить и адаптировать базу данных демографических показателей Европы и азиатской части России, с последующим формированием требуемых наборов показателей, характеризующих демографическое состояние регионов. Создать многомерную математическую модель демографической ситуации при трех наборах показателей. Разработать серию карт демографической ситуации и ее динамики в среде ГИС. Оценить и интерпретировать результаты типологии.

Материалы и методы исследований

Классификация производилась на основе данных по территориальным единицам уровня NUTS-2 (регионы второго уровня – «средней величины») для стран Европы [8] и субъектов федерации для России [4]. Сформирована база данных из основных демографических показателей за период с 2005 по 2016 годы. По каждому из показателей актуализированы данные за 11 лет. К году написания статьи (2019) по многим регионам данные собраны до 2018 года включительно, но поскольку нет полного сопоставимого охвата данными рассматриваемой территории, для типологии решено использовать период до 2016 года включительно с данными по всем интересующим регионам. Работа проводилась в среде ранее созданной ГИС «Демографического развития Европы и Азиатской части России» [1], где сформирована открытая система сбора данных для мониторинга демографических изменений и отдельный раздел моделирования геодемографической композиции. На данном этапе исследования использованы ряды 48 уникальных показателей. Для целей классификации использованы показатели суммарного коэффициента рождаемости, общий коэффициент смертности, ожидаемая продолжительность жизни, сальдо миграции и коэффициент изменения численности населения [2].

В рамках исследования демографического развития стран Европы и России разработаны три варианта типологии на базе различных наборов показателей [5]. В первый вариант включены показатели суммарного коэффициента рождаемости, ожидаемой продолжительности жизни и коэффициент изменения численности населения, такое сочетание позволяет оценить одновременно особенности естественного движения, возрастной структуры и общего изменения численности населения. Для расчета второго варианта использованы показатели суммарного коэффициента рождаемости, общего коэффициента смертности и коэффициента изменения численности населения, то есть конкретные данные по интенсивности процессов естественного движения и общих изменений численности, рассмотрение показателей в таком составе дает возможность оценить вклад естественного движения населения в его общую динамику. В третьем варианте расчета общий коэффициент смертности заменен на показатель миграционного баланса, что формирует базу для типологии территориальных единиц в ракурсе миграционного фактора демографического развития.

На основе описанного набора показателей произведено моделирование тематического содержания трех серий типологических карт за период с 2005 по 2016 годы [6, 7]. Для этих целей использовался алгоритм многовариантной типологии для гомогенных территориальных единиц, объединяемых в группы (таксоны) [3].

На первом этапе произведена нормировка исходных показателей по дисперсиям:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m;$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}; \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$$

Нормированные показатели $\hat{x}$ представляются в виде матрицы для расчета евклидовых расстояний (d_{ik}), соединяющих каждую пару включенных в расчет участков границ и отражающих их различия:

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\hat{x}_{ij} - \hat{x}_{kj})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m;$$

При типологической классификации из полученных значений d_{ik} выбирается наибольшее расстояние, а две территориальные единицы, которые оно связывает, становятся ядрами однородных типов (таксонов). Таксоны формируются распределением остальных регионов между двумя ядрами по минимальности евклидовых расстояний. В случае выделения большего числа таксонов, для выделения третьего ядра и всех последующих каждую из всех оставшихся территориальных единиц подставляют в виде ядра, а

остальные распределяются между тремя ядрами по минимальности d_{ik} и находится вариант с наименьшими внутригрупповыми различиями. На втором этапе (при формировании трех групп) алгоритм работает следующим образом. Два первых ядра остаются, а третье находится так. Каждая из $(n-2)$ оставшихся территориальных единиц опробуется как третье ядро, а $(n-3)$ оставшиеся - распределяются между тремя ядрами по минимальности евклидовых расстояний. Для каждого варианта группировки подсчитывается сумма внутригрупповых различий и тот вариант, который дает наименьшую сумму, принимается в качестве окончательного для трехгруппового деления, а территориальная единица, служившая ядром, фиксируется как окончательное третье ядро.

Процедура продолжается аналогично для формирования четырех, пяти, шести и т. д. однородных групп. Причем на каждом шаге определяется новое ядро и формируется новая группировка. В пределе можно получить n групп, однако для практических целей этого не требуется и устанавливается рубеж $l_{\max}$, исходя из логических соображений. Аналогично количество групп, которые следует анализировать можно ограничить и снизу $l_{\min}$.

Получаемый ряд группировок можно анализировать на основе абсолютного и относительного коэффициентов неоднородности и с их помощью выбирать оптимальное количество таксонов:

$$A_k = \frac{100 \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2} I_{ik} I_{jk} \right\}}{\sum_{i=1}^{t_{\max}} \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2}},$$

$$k = t_{\min}, t_{\min}+1, \dots, t_{\max};$$

$$O_k = \frac{100 \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2} I_{ik} I_{jk} \right\}}{\sum_{i=1}^{t_{\max}} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2} I_{ik} I_{jk}},$$

$$k = t_{\min}, t_{\min}+1, \dots, t_{\max} - 1.$$

Резкое возрастание значений A_k или O_k при уменьшении числа выделяемых таксонов свидетельствует о повышении неоднородности внутри выделенных кластеров, и, напротив, плавное возрастание коэффициентов – признак равномерного ее увеличения. Порог, за которым следует резкое повышение неоднородности оптимально принимать за окончательное число таксонов.

Следует заметить, что вместо евклидовых расстояний можно использовать коэффициенты корреляции (или величины равные $1-r$, где r - разнобразные коэффициенты корреляции), показатели ассоциации или иные

меры расстояний. Весь набор мер различия не эквивалентен между собой, то есть их использование может привести к различающимся результатам. Поэтому в конкретных экспериментах полезно опробовать ряд мер, но не перебирая их всех, для чего следует предварительно выделить эквивалентные меры.

Полученные результаты удобно анализировать по среднеарифметическим значениям каждого показателя, относительно всех территориальных единиц, входящих в тот или иной таксон. В ряде случаев целесообразно нахождение экстремальных значений в каждом таксоне по всем исходным показателям. Эти характеристики можно применять для смысловой характеристики таксонов.

Данный алгоритм типологии производит классификацию при условии гомогенности территориальных единиц, объединяемых в таксоны. Однако, в некоторых случаях необходимо условие не только гомогенности, но и максимальной гетерогенности ядер, служащих как бы эталонами для формирования таксонов.

Алгоритм реализован для каждого из трех вариантов сочетания показателей, что привело к формированию трех моделей на каждый год мониторинга. Для содержательного анализа предпочтительно представлять варианты классификаций в виде карт. Все пути моделирования позволяют картографировать их результаты, для этого использованы карты со ступенчатыми шкалами.

Результаты исследований и их обсуждение

Многовариантная типология дала неоднородные результаты, что позволяет оценивать широкий спектр территориальных особенностей демографических характеристик населения и выявлять закономерности их распределения. Обширный массив данных позволяет оценивать изменение демографической ситуации с 2005 по 2016 годы. В данной работе представлены типологические сюжеты за 2016 год, по наиболее актуальным данным одновременно на всю исследуемую территорию. Особенности динамики демографических характеристик населения в разрезе рассматриваемых территориальных единиц и типов демографической ситуации будут рассмотрены в следующих работах.

При типологии по показателям суммарного коэффициента рождаемости, ожидаемой продолжительности жизни и коэффициента динамики численности населения резкое возрастание значений абсолютного коэффициента неоднородности при переходе от четырех групп к трем свидетельствует о существенном повышении неоднородности внутри выделенных таксонов. Поскольку порог, за которым следует резкое возрастание коэффициента неод-



Типология демографической ситуации (2016 год, Вариант 1)

1 таксон	3 таксон	нет данных
2 таксон	4 таксон	

Рис. 1. Типология демографической ситуации, Вариант 1.
Fig. 1. Typology of the demographic situation, Option 1.

нородности равен четырем, такое число таксонов целесообразно принять за окончательное число.

В первый таксон вошли территориальные единицы с низкими показателями рождаемости (среднеарифметическое значение – 1,37), средними показателями ожидаемой продолжительности жизни (среднеарифметическое – 79,93 года) и интенсивным снижением численности населения (среднеарифметическое – -3,92‰). Демографическая ситуация в таких регионах неблагоприятная, крайне низкий уровень рождаемости способствует снижению численности населения, а миграционный обмен не только не восполняет численность, а скорее усиливает депопуляцию. Такая обстановка сложилась в Португалии, на западе и в центре Испании, на юге Италии и в ряде регионов севера страны, во всех регионах Греции, кроме Крита. Это обусловлено тем, что население Средиземноморья продолжает стареть, рождаемость стабилизировалась на минимальных для Европы, да и всего мира значениях, а миграционные потоки направлены в наиболее развитые центры и регионы транзитом через слаборазвитые регионы юга. Похожая ситуация сложилась и в регионах Восточной Европы относящихся к данному таксону выстроившихся в меридиональном направлении от Западно-Поморского воеводства в Польше до Адриатической Хорватии.

Довольно пестрый состав регионов выделен во второй таксон с не самой высокой рождаемостью (1,78), высокой продолжительностью жизни (81,1 лет) и наиболее интенсивным увеличением численности населения (11,63 ‰). Сюда вошли как регионы где основным фактором увеличения численности населения является рождаемость – западная и северная Турция, Ирландия, Ингушетия, так и регионы с высокой миграционной привлекательностью, где фактор миграции влияет на численность сопоставимо с естественным движением – регионы Швейцарии и южной Норвегии, или является определяющим регионы южной Франции, южной Швеции, Обербайерн в Германии и Прага в Чехии.

Большинство регионов России по этой типологии вошли в третий таксон. Где сочетаются относительно высокие показатели суммарного коэффициента рождаемости (среднеарифметическое 1,9), низкие показатели ожидаемой продолжительности жизни (71,9 лет) и в среднем слабоинтенсивная убыль населения (-0,91 ‰). Кроме российских регионов к этому таксону отнесены юго-восточные регионы Турции, где происходит интенсивный миграционный отток, что при высокой рождаемости балансирует изменение численности. Также убыль населения при невысокой продолжительности жизни отмечается в восточных регионах Румынии и Венгрии, в Болгарии, Латвии и Литве.

Четвертый таксон объединил регионы с невысокой интенсивностью рождаемости (1,62), высокой ожидаемой продолжительностью жизни (81,37) и слабоинтенсивным ростом численности населения (3,2 ‰). В данной ти-

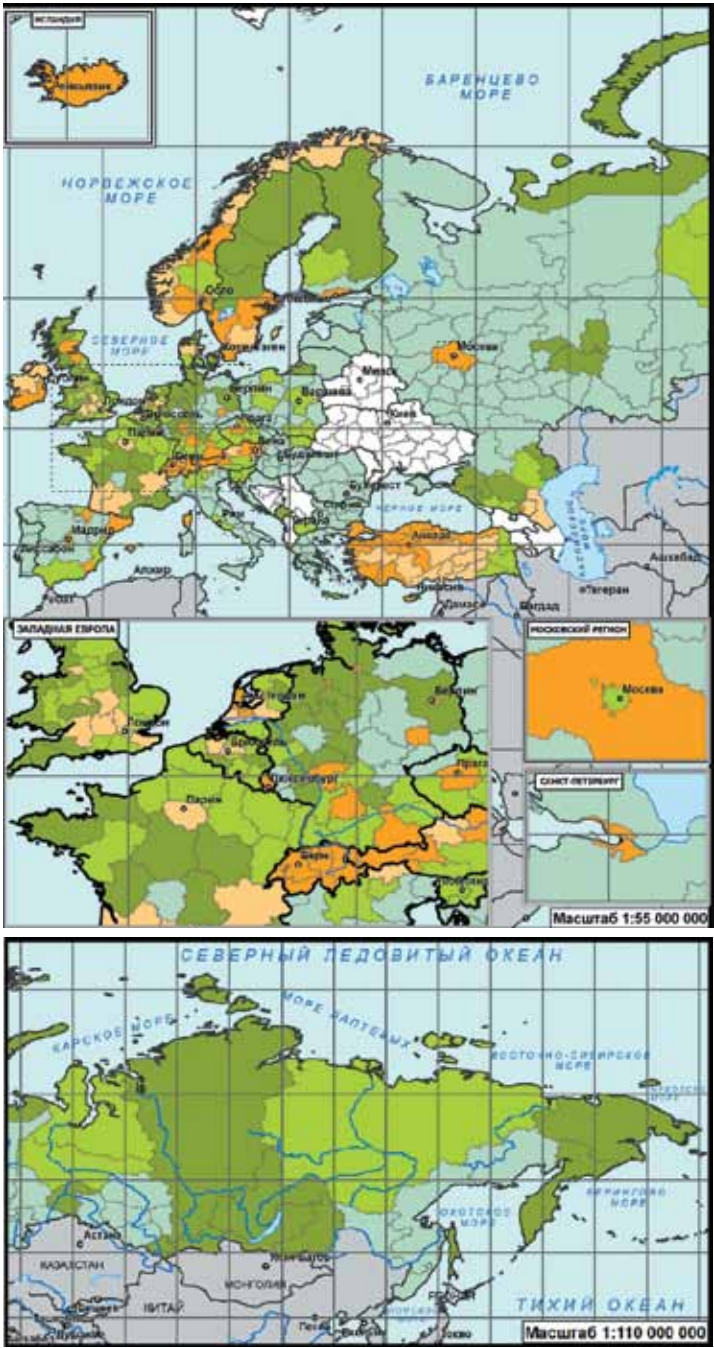


Рис. 2.

Типология демографической ситуации, Вариант 2.

Fig. 2. Typology of the demographic situation, Option 2

пологии это регионы с наиболее благоприятной демографической обстановкой по критериям умеренного роста населения и высокой продолжительности жизни. В основном это регионы Западной Европы где невысокие показатели естественного прироста, а иногда и убыли населения, восполняются положительным миграционным сальдо. Также сюда можно отнести регионы Северной Европы и наиболее развитые регионы Средиземноморья – побережье Испании, французский Прованс, центральная и северная Италия.

Для типологии по второму варианту вместо показателя ожидаемой продолжительности жизни применен общий коэффициент смертности, что усиливает значение данной разработки для анализа демографического движения населения и дает более четкое представление о причинах и генезисе динамики демографической ситуации. В данном конкретном случае расчеты коэффициента неоднородности показали, что таксонов следует выделить пять.

Первый таксон объединяет регионы с наименее благоприятной демографической ситуацией, в большинстве из них отмечается снижение численности населения (среднеарифметическое – $-3,92\%$), относительно высокая смертность ($12,84\%$) и низкая рождаемость (суммарный коэффициент – $1,53$). Это большинство регионов Европейской территории России, юга Западной Сибири за исключением Тюменской области и округов, регионы Дальнего Востока. Сюда также отнесены регионы Прибалтики, все регионы Венгрии, Румынии и Греции, часть регионов Польши, Чехии и восточной Германии, а также большая часть регионов Италии, Португалии, центральной и западной Испании.

Во втором типе объединены регионы с высокими темпами прироста населения ($12,9\%$) при низкой рождаемости ($1,61$) и смертности ($8,03\%$), то есть регионы высокой миграционной привлекательности. Так западные и северные регионы Турции, где демографический переход практически завершен увеличивают численность в основном за счет миграции из восточных и южных регионов. Основная часть таких регионов – это крупные города и агломерации, такие как Москва, Санкт-Петербург, Мадрид, Прага, Вена, Амстердам, а также территории с высоким уровнем жизни – Швейцария, предальпийские регионы Германии, западная Австрия, южные норвежские и шведские регионы.

Оставшиеся типы объединяют регионы с относительно благоприятной демографической ситуацией, умеренным влиянием миграционного фактора, средней и относительно высокой рождаемостью. К третьему типу относятся регионы со сравнительно высокими показателями как смертности (среднеарифметическое $11,2\%$), так и рождаемости ($1,85$) со стабильной или слаборастущей численностью населения ($2,8\%$). Такая обстановка сложилась в периферийных регионах Великобритании, во Франции от Бретани до Прованса, в Западной Германии, а также в Бранденбурге, на севере Швеции. Похожие демографические характеристики отмечаются на территории России в



Типология демографической ситуации (2016 год, Вариант 3)

- | | | |
|----------|----------|------------|
| 1 таксон | 3 таксон | нет данных |
| 2 таксон | 4 таксон | |

Рис. 3.

Типология демографической ситуации, Вариант 3.

Fig. 3. Typology of the demographic situation, Option 3.

Адыгее, Ставропольском и Краснодарском краях, в приволжских республиках Марий Эл, Удмуртии и Татарстане, в регионах Восточной Сибири.

Четвертый таксон объединяет регионы находящиеся в Западной и Центральной Европе. Невысокая рождаемость здесь сочетается со средней смертностью и незначительным ростом численности населения. Сюда также отнесены три региона восточной Турции, где при относительно высоких показателях естественного прироста численность населения не растет в связи с миграционным оттоком.

Пятый тип включает регионы с демографическими установками на рост численности населения и высокими показателями рождаемости (2,03 ‰) и роста численности (9,66 ‰) при низкой смертности. Такие значения достигаются за счет благоприятной половозрастной структуры населения и миграционного притока рабочей силы в трудоспособных возрастах. Регионы данного типа находятся в центре Англии, Нидерландов, на юго-западе Франции. А в регионах центральной и восточной Турции, в Чечне и Дагестане, определяющий фактор положительной динамики численности населения по-прежнему высокая рождаемость при низкой смертности.

Типология по сочетанию показателей рождаемости, миграционного сальдо и коэффициента изменения численности населения во многом дополняет второй вид типологии и открывает возможности многостороннего анализа влияния миграционного фактора на демографические характеристики населения. Первый тип включает регионы с низкой рождаемостью (1,53) , но быстрым ростом численности населения (21,6 ‰) обусловленным высоким положительным сальдо миграции (18,8 ‰). Классическим примером данного типа является город Берлин, кроме него сюда входят Вена, Канарские, Балеарские острова, северные Эгейские острова, Люксембург, а также три северных региона Турции.

Второй тип составляют регионы с низкой рождаемостью (1,58), отрицательным миграционным сальдо (-2,65 ‰) и убылью населения (-3,92 ‰). Этот тип по большинству регионов Европы совпадает с первым таксоном первого варианта, а также российские и турецкие регионы третьего таксона. В общем это сильно постаревшие регионы Средиземноморья, где стабильная естественная убыль (кроме регионов Турции) усугубляется отрицательным миграционным сальдо. Ключевыми в рамках территориального анализа здесь следует обозначить западные регионы Пиренейского полуострова, южные регионы Италии, регионы Юго-Восточной Европы, Европейски Север России, регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Третий тип характеризуется относительно высокой рождаемостью (1,76) и интенсивным миграционным приростом (7,4 ‰), что определяет высокие показатели роста численности населения (10,1 ‰). К ключевым территориальным сегментам данного таксона отнесены приальпийские и альпийские регионы Германии, Австрии и Швейцарии, Ирландия, южная и централь-

ная Англия, Швеция, западные регионы Турции, Московский и Санкт-Петербургский регионы и Краснодарский край.

Демографическими особенностями четвертого типа являются высокая рождаемость (1,77) при незначительном миграционном приросте (1,67 ‰) и общем росте численности населения (2,75 ‰) с определяющим влиянием естественного движения. Такая демографическая композиция сложилась в остальных регионах Западной и Северной Европы, также в центре Турции, в Приволжье, на Урале, а также в ряде регионов Сибири и Северного Кавказа. Регионы данного типа различаются по многим особенностям демографического развития, но в данном случае определяющие критерии объединения в один таксон это сочетание трех ключевых показателей, которые позволяют дать представление о динамике численности населения и соотношении естественного и механического движения. Без подробного рассмотрения конкретных особенностей и факторов формирования демографической ситуации в регионах одного таксона, нельзя с точностью сказать, что они развиваются по похожему сценарию. Типология не является самоцелью исследования, а используется как инструмент для выявления территориальных закономерностей демографического развития территории.

Выводы

Результаты типологии позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, часто это результаты, которые соответствуют интуитивным представлениям о территориальной дифференциации демографических характеристик населения Европы и России. Во-вторых, это результаты корректирующие и конкретизирующие прежние представления. В-третьих, это результаты, которые сложно объяснить сложившимися представлениями, они отличаются от предварительных прогнозов. В-четвертых, все расхождения с субъективными представлениями важнейший материал для формирования новых направлений исследований.

Разработанная математико-картографическая модель типологии регионов Европы и России по трем наборам показателей демографического развития позволяет увидеть пространственные закономерности демографического развития территории и рассмотреть новые грани территориальной дифференциации рассматриваемых регионов.

В данной работе обширный массив данных мониторинга демографического развития с помощью методов математико-картографического моделирования преобразован в конкретный результат – набор тематических карт и их интерпретаций. В продолжении этого исследования в рамках изучения территориальной дифференциации демографических процессов требуется подробно рассмотреть динамику показателей по имеющейся базе данных,

чтобы выяснить причины формирования и трансформации демографической ситуации, выявить сдвиги геодемографической композиции, подробно описать типичные регионы и переход регионов из одной группы в другую, выяснить его генезис.

Применение алгоритмов типологической классификации на такую обширную территорию, мониторинг изменений в типах и таксонах помогает решать задачу принятия решений в рамках изменения демографической политики в связи со сдвигами пространственных закономерностей демографического развития территорий. Многовариантный подход к типологии, в том числе по набору показателей позволяет выполнять качественную оценку процессов и их изменений, выявлять скрытые особенности и различия в демографической ситуации.

**Рукопись поступила в редакцию 10.08.2019,
принята к публикации 02.09.2019.**

Библиографический список

1. Игонин А.И. Создание справочно-аналитической геоинформационной системы мониторинга демографического развития Европы и Азиатской части России: автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. канд. геогр. Наук М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012. 26 с.
2. Практическая демография / под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2005. 280 с.
3. Тикунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М.; Смоленск: изд. СГУ. 1997. 367 с.
4. Демография. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/ (Дата обращения: 16.03.2019).
5. Harris R., Johnston R., Burgess S. Neighborhoods, Ethnicity and School Choice: Developing a Statistical Framework for Geodemographic Analysis // *Popul Res Policy Rev.* 2007. No26. P. 553-579.
6. Horn M., Köppen B. Demographischer Wandel in Deutschland—die lokale und regionale Perspektive. Universität Koblenz-Landau, 2007. P. 13–35.
7. Singleton A., Longley P. Geodemographics, visualisation, and social networks in applied geography // *Applied Geography.* 2009. No29. P. 289-298.
8. Total fertility rate by NUTS 2 region URL: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?node_code=tgs00062 (Дата обращения: 12.03.2019). Conception statistics, England and Wales <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/conceptionandfertilityrates/datasets/conceptionstatisticsenglandandwalesreferencetables> (Дата обращения: 19.03.2019)

References

1. Igonin A.I. Creation of a reference and analytical geographic information system for monitoring the demographic development of Europe and the Asian part of Russia: Abstract. dis. M.: Lomonosov Moscow State University, 2012. 26 p.
2. Practical demography / Edited by L. L. Rybakovsky. M.: TSSP, 2005. 280 PP.
3. Tikunov V. S. Classifications in geography: Renaissance or fading? (The experience of formal classifications) – Moscow-Smolensk: Publishing house. Smolensk State University. 1997. 367 c.
4. Demography http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/ (accessed: 16.03.2019).
5. Harris R., Johnston R., Burgess S. Neighborhoods, Ethnicity and School Choice: Developing a Statistical Framework for Geodemographic Analysis // Popul Res Policy Rev. 2007. No26. P. 553-579.
6. Horn M., Köppen B. Demographischer Wandel in Deutschland — die lokale und regionale Perspektive. Universität Koblenz-Landau, 2007. P. 13–35.
7. Singleton A., Longley P. Geodemographics, visualisation, and social networks in applied geography // Applied Geography. 2009. No29. P. 289-298.
8. Total fertility rate by NUTS 2 region URL: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?node_code=tgs00062 (accessed: 12.03.2019).
9. Conception statistics, England and Wales <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/conceptionandfertilityrates/datasets/conceptionstatisticsenglandandwalesreferencetables> (accessed: 19.03.2019)

Об авторах

Игонин Александр Иванович, кандидат географических наук, младший научный сотрудник Лаборатории комплексного картографирования, Географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. ScopusID: 53863614000, Researcher ID: M-2916-2015.
Телефон: +7(495) 939-23-54 E-mail: geoigonin@gmail.com

Тикунов Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор Лаборатории комплексного картографирования, Географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова.
ScopusID: 7004523729, Researcher ID: M-1475-2015.
Телефон: +7(495) 939-13-39 E-mail: vstikunov@yandex.ru.

About the authors

- Igonin Aleksandr Ivanovich, Candidate of Geographical Sciences, Junior researcher of the Integrated Mapping Laboratory, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University.
ScopusID: 53863614000, Researcher ID: M-2916-2015.
Phone: +7(495)939-23-54. E-mail: geoigonin@gmail.com.
- Tikunov Vladimir Sergeevich, Doktor of Geographical Sciences, Professor of the Integrated Mapping Laboratory, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.
ScopusID: 53863614000, Researcher ID: M-2916-2015.
Phone: +7(495) 939-13-39 E-mail: vstikunov@yandex.ru.



Издательство Северо-Кавказского
федерального университета.
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1.

Корректор – М.И. Толмачев.
Компьютерная верстка – О.Г. Полевич.

Подписано в печать 29.09.2019 г. Выход в свет 10.10.2019 г.
Формат 70 × 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага
офсетная. Усл. печ. л. 15,5. Тираж 1000 экз. Цена 534 руб.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
ФГАОУВО «Северо-Кавказский федеральный университет».
355029, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2.