

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

ISSN 2308–4758



Выпуск № 4, 2020 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, коллегия 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 Росздрави, 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); А.И. Погорельцев (д-р физ.-мат. наук, профессор); 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); В.А. Шальнев, д-р геогр. наук, профессор; Н.А. Щитова, д-р геогр. наук, профессор; А.С. Молахосеини, канд. наук, доцент (Исламский университет Азад, Керман, Иран); Х.А.А. Кдаис, канд. техн. наук, профессор (Иорданский университет науки и технологии, Ирбид)
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», 2020

**«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	Abshaev M.T., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, High Mountain Geophysical Institute of Roshydromet (Nalchik, Russia); Likhovid A.A., Doctor of Geographic Sciences, Professor; Belozerov V.S., Doctor of Geographic Sciences, Professor (Chief Editor); Bondar' T.P., Doctor of Medical Sciences, Professor; Borodulin V.B., Doctor of Medical Sciences, Professor, Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky (Saratov, Russia); Butova O.A., Doctor of Medical Sciences, Professor; Gerasimenko T.I., Doctor of Geographic Sciences, Professor, Orenburg State University (Orenburg, Russia); Gridin V.A., Doctor of Geologo-Mineralogical Sciences, Professor; Gubareva L. I., Doctor of Biological Sciences, Professor; Jandarova T. I., Doctor of Biological Sciences, Professor; Dikanskiy Y.I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Dinevich L.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Tel Aviv University (Tel Aviv, Israel); Erin K.V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Zhakin A.I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Southwest State University (Russia, Kursk); Zakinyan A.R., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate professor; Ivanov A.O., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia); Kolyada A.A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate professor, Belarusian State University (Minsk, Belarus); Kunikin S.A., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate professor; Lodygin A.D., Doctor of Engineering Sciences, Associate professor; Lysenko A.V., Doctor of Geographic Sciences, Associate professor; Molodikova I.N., Candidate of Geographic Sciences, Central European University (Budapest, Hungary); Naats V.I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor; Nefedova T.G., Doctor of Geographic Sciences, Leading researcher, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia); A.I. Pogoreltsev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russian State Hydrometeorological University (St. Petersburg, Russia); Polyan P.M., Doctor of Geographic Sciences, Leading researcher, Russian Academy of sciences (Moscow, Russia); Razumov V.V. Doctor of Geographic Sciences, Professor; Timchenko L.D., Doctor of Veterinary Sciences, Professor; Tsaturyan L.D., Doctor of Medical Sciences, Professor, Stavropol State Medical University (Stavropol, Russia); Shalnev V.A., Doctor of Geographic Sciences, Professor; Shitova N.A., Doctor of Geographic Sciences, Professor; Amir Sabbagh Molahosseini, PhD in Engineering Sciences, Associate professor, Islamic Azad University (Kerman, Iran); H.A.A. Qdais, Ph.D in Environmental Engineering, Professor, Jordan University of Science and Technology (Irbid, Jordan)
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», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

«НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ», № 4, 2020

03.02.04	ЗООЛОГИЯ	
	Котти Б.К., Стахеев В.В., Забашта А.В.	
	Блохи (siphonaptera) мелких млекопитающих Степного Подонья	7
	Fleas (Siphonaptera) of Small Mammals in Steppe of Don Region.	8
25.00.17	РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТО- РОЖДЕНИЙ	
	Р.М. Галикеев, Д.А. Анурьев, Т.А. Харитонова	
	Перспективы использования CO ₂ на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири.	15
	Prospects for the use of CO ₂ in Oil and Gas Fields in Western Siberia	16
	Катанова Р.К., Инякина Е.И., Левитина Е.Е., Краснов И.И.	
	Оценка потерь углеводородов в залежи пласта Т1-А при разработке Среднетюнгского месторождения	29
	Assessment of Hydrocarbon Losses in the Reservoir of Formation T1-A During the Development of the Srednetyungsky Field	30
	Мулявин С.Ф., Колев Ж.М., Мамчистова Е.И., Насырова А.И.	
	Численное моделирование подземного хранения газа в водоносном наклонном пласте	41
	Numerical simulation of underground gas storage in an inclined aquifer	42

25.00.23	ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ	
	Шальнев В.А., Лысенко А.В.	
	Особенности климатических условий Западного Приэльбрусья – ресурс для развития туризма	53
	Climatic conditions of the development of tourist and recreational activities in the Western Elbrus region	54
25.00.24	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬ- НАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕ- АЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ	
	Белоусов А.И., Закалюкина Е.В.	
	Интегральная оценка эффективности регионально- го природопользования	75
	Integral Assessment of the Regional Environmental Management Effectiveness	76
	Кузнецова А.А.	
	Подходы к изучению урбанизированных турист- ских территорий	95
	Approaches to the Study of Urbanized Tourist Areas	96
	Tikunov V.S., Vatlina T.V.	
	Environmental Risks and Non-Communicable Disea- ses of Adolescents, Smolensk Region Case Study	107
	Экологические риски и неинфекционные заболева- ния подростков (на примере Смоленской области)	108
	Щитова Н.А., Белозеров В.С., Соловьев И.А.	
	Концепция исследования демографического разви- тия городских агломераций (на примере агломера- ций Европейской России)	125
	The research concept of metropolitan areas demo- graphic development (In the case of European part of Russia metropolitan areas)	126

25.00.29	ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ	
	Кагермазов А. Х., Созаева Л. Т.	
	Валидация выходных данных глобальной модели атмосферы по данным аэрологического зондирования с нарастающей заблаговременностью	137
	Validation the output data of the global model of the atmosphere on data of aerological sensing with increasing lead time	138
25.00.30	МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ	
	Волкова В.И., Бадахова Г.Х., Кравченко Н.А., Каплан Г.Л.	
	Динамика и современный температурный режим календарного лета на Ставропольской возвышенности	149
	Dynamics and Modern Temperature Regime of Calendar Summer over Stavropol Height	150
25.00.36	ГЕОЭКОЛОГИЯ	
	Атабиева Ф.А., Геккиева С.О.	
	Оценка уровня содержания соединений марганца и молибдена в воде рек бассейна р. Терек	161
	Assessment of the Content Level of Manganese and Molybdenum Compounds in the Water of the Rivers of the River Basin Terek	162
	Пелихович Ю.В., Бегдай И.В., Харин К.В., Цесарь Т.А.	
	Аккумуляция тяжелых металлов в лекарственных растениях и оценка рисков при их употреблении	171
	Heavy Metal Accumulation in Medicinal Plants and Risk Assessment	172

03.02.04
УДК 576.895.775(470.61)

ЗООЛОГИЯ

Котти Б.К.,
Стахеев В.В.,

Забашта А.В.

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь;
ФГБУН Федеральный исследовательский центр Южный научный
центр Российской Академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия;
ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотреб-
надзора, г. Ростов-на-Дону, Россия.
boris_kotti@mail.ru, stvaleriy@yandex.ru, zabashta68@mail.ru

БЛОХИ (SIPHONAPTERA) МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СТЕПНОГО ПОДОНЬЯ

Введение.

Территория, расположенная в пределах Степного Подонья сравнительно хорошо изучена в отношении фауны блох мелких млекопитающих, за исключением ее северной части. Основная масса исследований проведена в первой половине – середине XX века. Однако, за время, разделяющее этот период и наши дни, претерпела трансформацию природная среда и животное население региона, произошли заметные изменения в систематике как самих блох, так и их хозяев – млекопитающих. Задача настоящего исследования состояла в получении данных о современном состоянии фауны блох мелких млекопитающих Степного Подонья.

Материалы и методы исследований.

Мелких млекопитающих отлавливали в полупустынных, степных, луговых и лесных биотопах во все сезоны 1997–1998, 2006–2008 и 2014–2020 гг. Работа охватила значительную часть видов мелких млекопитающих и территории Степного Подонья.

Результаты исследований и их обсуждение.

Представлены материалы о 29 видах блох, известных с мелких грызунов, насекомоядных и их гнезд. В отношении распространения виды образуют три группы: заселяющие всю территорию Степного Подонья; обитатели подзоны полынно-типчаковой степи; виды, ограниченные подзоной разнотравно-злаковой степи.

Выводы.

Проведенное исследование позволило уточнить для ряда видов блох сведения о специфичности паразито-хозяинных связей и распространении в пределах Степного Подонья. Список видов блох мелких млекопитающих включает 29 видов. Впервые найдены здесь *Megabothris turbidus*, *Ceratophyllus sciurorum*, *Stenophthalmus proximus*, *Palaeopsylla soricis* и *Hystrichopsylla talpae*.

Ключевые слова:

блохи, мелкие млекопитающие, специфичность, распространение, фауна, Степное Подонье.

Kotti B.K.,
Stakheev V.V.,
Zabashta A.V. North Caucasus federal University, Stavropol, Russia;
Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian
Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia;
Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, Rostov-on-Don,
Russia.
boris_kotti@mail.ru, stvaleriy@yandex.ru, zabashta68@mail.ru

Fleas (Siphonaptera) of Small Mammals in Steppe of Don Region

Introduction. The territory located within the Steppe Don (Rostov region) is relatively well studied in relation to the flea fauna of small mammals, with the exception of its northern part. The bulk of research was conducted in the first half – mid-twentieth century. However, during the time that separates this period and the present day, the natural environment and the animal population of the region have undergone a transformation, and there have been noticeable changes in the taxonomy of both fleas and their mammalian hosts. Our work covered a significant part of small mammal species and the territory of the Steppe Don region; it allowed us to clarify information about the specificity of parasite-host relationships and distribution for a number of species.

Materials and methods of the research. Small mammals were caught in semi-desert, steppe, meadow and forest biotopes in all seasons 1997–1998, 2006–2008, and 2014–2020. The work covered a significant part of the species of small mammals and the territory of the Steppe Don region.

The results of the study and their discussion. The data on 29 species of fleas known from small rodents, insectivores and their nests are presented. In terms of distribution, the species form three groups: inhabiting the entire territory of the Steppe Don region; inhabitants of the wormwood-fescue steppe subzone; species limited to the subzone of the forb-cereal steppe.

Conclusions. The study made it possible to clarify for a number of flea species information on the specificity of host-parasite connections and distribution within the Steppe Don region. The flea list of small mammals includes 29 species. *Megabothris turbidus*, *Ceratophyllus sciurorum*, *Ctenophthalmus proximus*, *Palaeopsylla soricis* and *Hystriechopsylla talpae* were found here for the first time.

Key words: fleas, small mammals, specificity, distribution, fauna, the Steppe Don region.

Введение

Степное Подонье расположено на юге европейской России, в пределах подзон разнотравно-злаковой, типчаково-ковыльной и полынно-типчаковой степи. Река Дон с притоками образует систему пойменных лесных и луговых биотопов. Интерес к этой территории обусловлен, кроме зоогеографического аспекта, наличием здесь Прикаспийского Северо-Западного степного природного очага чумы [7], очагов других природно-очаговых заболеваний. В результате исследований, проведенных здесь в прошлом столетии [2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12] видовое разнообразие и размещение блох, за исключением се-

верных районов, известно. Задача настоящего исследования состояла в получении данных о современном состоянии фауны блох мелких млекопитающих Степного Подонья.

Материалы и методы исследований

Мелких млекопитающих отлавливали в 2014–2020 гг. ловушками Геро и живоловками системы Щипанова в полупустынных, степных, луговых и лесных биотопах. Используются также данные наших сборов в 1997–1998 и 2006–2008 гг. [11], материалы, полученные Л. Б. Бируля и Л.И. Залуцкой в 1964–1966 гг. Эктопаразитов с мелких млекопитающих добывали во все сезоны, но преимущественно в теплое время года. В общей сложности получены сведения о распределении 878 экземпляров блох 18 видов среди свыше 700 особей насекомоядных, грызунов 19 видов и их гнезд. Используются также литературные данные как о блохах зверьков Степного Подонья, так и сопредельных областей.

Результаты исследований и их обсуждение

Ниже представлены материалы о 29 видах блох, известных на мелких млекопитающих Степного Подонья. Виды, впервые отмеченные для данной территории, обозначены знаком*.

1. Блохи, заселяющие все Степное Подонье

В их число входят виды – обитатели нескольких природных зон Евразии. Таковы паразиты белогрудого и ушастого ежей *Echidnophaga gallinaceae* и *Archaeopsylla erinacei*.

Это *Nosopsyllus mokrzecky* – паразит мышей родов *Mus* и *Sylvaemus* вне построек человека в степной и лесостепной зонах. В рассматриваемом регионе он связан со всеми представителями упомянутых групп хозяев: *Mus musculus* и *M. specilegus*, *Sylvaemus sylvaticus*, *S. uralensis*, *S. flavicollis* и *S. witherby*.

Другой вид блох, *L. segnis* – мультирегиональная блоха домовой мыши *M. musculus* в человеческом жилище. В условиях степной зоны встречается и в открытых стациях. Еще один паразит синантропных грызунов – *Nosopsyllus fasciatus* – блоха крыс рода *Rattus*, космополит. На территории Степного Подонья известен с серой крысы *R. norvegicus*; в наших сборах обнаружен на других грызунах.

Amphipsylla rossica – паразит полевков, преимущественно *Microtus* s. l. В Степном Подонье известен по немногим находкам; нами обнаружен в х. Матвеевском Шолоховского района, на *Microtus arvalis* s. l.

Ctenophthalmus spalacis – блоха обыкновенного слепыша в степной и на юге лесостепной зон от Днестра до Волги. Вероятно, распро-

странена по всему Степному Подонью, хотя до сих пор известно лишь несколько находок.

C. golovi – паразит полевков, сусликов и других грызунов в горах и, реже, на равнинах от Восточной Европы до Гималаев. В Степном Подонье обнаружен в немногих местах (Азовский, Белокалитвинский, Сальский районы). По-видимому, главным хозяином здесь служит обыкновенная полевка *M. arvalis* s.l.

Stenoponia ivanovi, блоха *Microtus socialis*, *M. arvalis* s.l., и других полевков не только в степной зоне, но и в горах. В Степном Подонье была известна только из подзоны полынно-типчаковой степи в Заветинском районе, на *Microtus socialis* [8]; в наших сборах – на *S. sylvaticus* в Ростове-на-Дону.

Другие виды этой группы обладают ареалами, приуроченными к степной зоне Евразии. Это *N. consimilis*, известный как паразит полевков *Microtus s. l.* У блохи *C. w. wagneri* круг основных хозяев шире – это полевки родов *Microtus*, *Arvicola*, *Myodes*; в Степном Подонье обнаружена на многих грызунах и других мелких млекопитающих.

2. Обитатели подзоны полынно-типчаковой степи

Это виды, распространенные в степной и полупустынной зонах, а некоторые также и в горах Евразии. Среди них паразиты малого суслика *Citellophilus tesquorum ciscaucasicus*, *Neopsylla s. setosa*, *Frontopsylla semura*; сравнительно узкий ареал у *Stenophthalmus pollex* в Северо-Западном Прикаспии и Нижнем Поволжье.

C. orientalis – паразит сусликов, полевков и других грызунов. Наши материалы соответствуют представлениям Н. П. Миронова с соавт. [8] о восточной границе распространения *C. orientalis* в юго-восточной части Степного Подонья.

В этой группе блохи общественной полевки *C. s. secundus*, *Rhadinopsylla ucrainica*, обитатели южной части Русской равнины и некоторых областей Азии, а также *R. acuminata* со сравнительно узким ареалом в Крыму и на юге Русской равнины.

Вместе со своим хозяином, большим тушканчиком, встречаются *Ophthalmopsylla v. volgensis*, *Mesopsylla hebes dampfi* и *M. t. tuschkan*. Еще один видоспецифический паразит – *C. acuminatus* – блоха предкавказского хомяка.

3. Виды, ограниченные в Степном Подонье подзоной разнотравно-злаковой степи.

Они распространены преимущественно в лесной зоне Евразии и проникают в степную зону в подходящих биотопах. Это блоха *Leptopsylla taschenbergi* на мышах *Sylvaemus uralensis*, *S. flavicollis*,

Apodemus agrarius, *Mus musculus*, и других грызунах. Ранее была известна только из дельты Дона [5]. Наши находки в Шолоховском, Красносулинском и Ремонтненском районах. Вероятно, она широко распространена в лесных стациях. Другой вид – *Megabothris turbidus** – на *Myodes glareolus*, но обнаруженный и на других грызунах в пойме р. Дон (ст. Вешенская и другие места Шолоховского района).

Блоха *C. s. sciurorum** имеет обширный ареал в Евразии на белках и сонях, а в Степном Подонье – на лесной соне в пойменных лесах Дона и его притоков. *Stenophthalmus proximus** – блоха мышей рода *Sylvaemus* в лесных биотопах. Обнаружена в окрестностях хут. Федорцовка Каменского района и г. Ростове-на-Дону на *S. sylvaticus*, *S. uralensis* и других грызунах.

*Palaeopsylla soricis starki** – блоха землероек-бурозубок. Находки в пойменном лесу Северского Донца (окрестности г. Белая Калитва и хутор Нижнесазоновский Каменского района) на обыкновенной бурозубке *Sorex araneus* и на случайном хозяине – обыкновенной слепушонке – *Ellobius talpinus*.

*Hystrichopsylla talpae orientalis** – паразит полевок и кротов; обнаружен близ хутора Морозовский Верхнедонского района на *Microtus arvalis* s.l. и в окрестностях хутора Гундоровский Орловского района на *Sorex* sp.

Выводы

Проведенное исследование позволило уточнить для ряда видов блох сведения о специфичности паразито-хозяйинных связей и распространении. Список видов блох мелких млекопитающих Степного Подонья включает 29 видов. Пять из них найдены здесь впервые.

В зоогеографическом отношении интересны находки в Ростовской области лесных и луговых видов блох, паразитов сонь – *Ceratophyllus sciurorum*, полевок – *M. turbidus*, *H. talpae*, мышей – *L. taschenbergi*, обитающих в лесной зоне Русской равнины и на Кавказе.

Обнаружение в Степном Подонье *Stenophthalmus proximus* заметно смещает известную границу ареала этого вида на север. Необходимо отметить, что севернее Степного Подонья, в Воронежской области, *C. proximus* отсутствует. Здесь его замещает близкий вид – *C. agyrtes* [1].

Блоха *Palaeopsylla soricis* обнаружена на обыкновенной бурозубке *Sorex araneus*; примечательно, что на Кавказе известен викарирующий вид – *P. gromovi* – паразит землероек-бурозубок и куторы Шелковникова *Neomys teres*.

Благодарности

Работа выполнена на базе коллекции блох ФКУЗ «Ставропольский противочумный институт» Роспотребнадзора, при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 19-04-00759).

Библиографический список

1. Дмитриева, Т.В. Блохи (Aphanipoterа, Arthropoda) мелких млекопитающих Воронежской области / Т.В. Дмитриева, О.А. Лакомкина, В.П. Негроров, С.Л. Овчинникова. – Деп. в ВИНТИ 1979, № 4421. – 79 ДЕП. – С. 1–15.
2. Иофф И. Г. Материалы к познанию фауны эктопаразитов Юго-Востока СССР / И.Г. Иофф // Известия Государственного микробиологического института в г. Ростове-на-Дону. – 1929. – Вып. 8. – С. 6–52.
3. Иофф И.Г. / И.Г. Иофф О географическом распространении сусликовых блох в связи с историей расселения сусликов // Паразитологический сборник Зоологического института АН СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1936. – С. 313-361.
4. Иофф И.Г., Тифлов В.Е. Определитель Афаниптера (Suctoria – Aphaniptera) Юго-Востока СССР / И.Г. Иофф, В.Е. Тифлов – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1954. – 201 с.
5. Кривонос К. И. К фауне переносчиков туляремии в низовьях реки Дона / К. И. Кривонос // Рефераты научно-исследовательских работ Ростовского-на-Дону государственного научно-исследовательского противочумного института / Ростов-на-Дону, 1949. – 8. – С. 93–96.
6. Кузенков В. И. К изучению фауны блох (Aphaniptera) эндемического района чумы на Северном Кавказе / В. И. Кузенков // Известия Государственного микробиологического института в г. Ростове-на-Дону. – 1929. – №9. – С. 1–22.
7. Кутырев В. В., Попова А. Ю. 2016. Кадастр эпидемических и эпизоотических проявлений чумы на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья (с 1876 по 2016 год) / В. В. Кутырев, А. Ю. Попова. – Саратов: Амрит. – 248 с.
8. Миронов Н.П., Карпузиди К.С., Климченко И.З. и др. Источники и переносчики чумы и туляремии / Н.П. Миронов., К.С., Карпузиди, И.З. Климченко и др. – М.: Медицина, 1965. – 195 с.
9. Романова В. П., Боженко В. П., Яковлев М. Г. Материалы изучения пойменного туляремийного очага / В.П. Романова, В.П. Боженко, М.Г. Яковлев // Природная очаговость болезней человека и краевая эпидемиология. – М.: Медгиз, 1955. – С. 83–91.
10. Пушница Ф.А., Шевченко С.Ф., Миронов А.Н. и др. / Ф.А. Пушница, С.Ф. Шевченко., А.Н. Миронов и др. Современное состояние численности и стациального размещение сусликов и их блох в восточных районах Ростовской области // Проблемы особо опасных инфекций. – 1978. – Вып. 2 (60). – С. 48–52.

11. Стахеев В.В., Панасюк Н.В. Структура паразитофаун временных эктопаразитов западнопалеарктических лесных мышей в Ростовской области / В. В. Стахеев, Н. В. Панасюк // Современные проблемы зоологии и паразитологии. – Воронеж: Издательский дом ВГУ. – 2016. – С. 200–206.
12. Ширанович П.И. К фауне блох Сев.-Зап. Прикаспия / П.И. Ширанович // Рефераты научно-исследовательских работ Ростовского-на-Дону государственного научно-исследовательского противочумного института. – Ростов-на-Дону, 1949. – №8. – С. 41–46.

References

1. Dmitrieva, TV Blokh (Aphanipoter, Arthropoda) of small mammals of the Voronezh region / TV Dmitrieva, O. A. Lakomkina. Negrobov, S. L. Ovchinnikova – Dep. in VINITI 1979, No. 4421. – 79 DEP. – S. 1-15.
2. Ioff IG Materials for the knowledge of the fauna of ectoparasites in the South-East of the USSR / IG Ioff // News of the State Microbiological Institute in Rostov-on-Don. 1929., no. 8, pp. 6-52.
3. Ioff IG / IG Ioff On the geographical distribution of gopher fleas in connection with the history of the dispersal of ground squirrels // Parasitological collection of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences. – L.: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1936. – S. 313-361.
4. Ioff IG, Tiflov VE Keys to Afanipter (Suctoria –Aphaniptera) of the South-East of the USSR. / I.G. Ioff, V.E. Tiflov – Stavropol: Stavropol book publishing house, 1954. – 201 p.
5. Krivonosov KI To the fauna of tularemia carriers in the lower reaches of the Don River / KI Krivoosov // Abstracts of research work of the Rostov-on-Don State Research Anti-Plague Institute / Rostov-on-Don, 1949. – №8. – S. 93-96.
6. Kuzenkov VI To the study of the flea fauna (Aphaniptera) of the endemic region of plague in the North Caucasus / VI Kuzenkov // News of the State Microbiological Institute in Rostov-on-Don. 1929. №9. – S. 1-22.
7. Kutyrev V. V., Popova A. Yu. 2016. Inventory of epidemic and epizootic manifestations of plague on the territory of the Russian Federation and neighboring countries (from 1876 to 2016) / V.V. Kutyrev, A. Yu. Popova. Saratov: LLC "Amirit". – 248 p.
8. Mironov N. P., Karpuzidi K. S., Klimchenko I. Z. et al. Sources and carriers of plague and tularemia / N. P. Mironov., K.S., Karpuzidi, I. Z. Klimchenko et al. – M.: Medicine, 1965. – 195 p.
9. Romanova V.P., Bozhenko V.P., Yakovlev M.G. Materials of the study of floodplain tularemia focus / V.P. Romanova, V.P. Bozhenko, M.G. Yakovlev // Natural focus of human diseases and regional epidemiology. M.: Medgiz, 1955. – S. 83–91.
10. Pushnitsa F.A., Shevchenko S.F., Mironov A.N. et al. / F.A. Pushnitsa, S.F. Shevchenko, A.N. Mironov et al. Current state of numbers

- and stationary distribution of ground squirrels and their fleas in the eastern regions of the Rostov region // Problems of especially dangerous infections. – 1978. – Issue. 2 (60). – S. 48-52.
11. Stakheev VV, Panasyuk NV Structure of parasite faunas of temporary ectoparasites of West Palaearctic forest mice in the Rostov region / V. V. Stakheev, N.V. Panasyuk // Modern problems of zoology and parasitology. – Voronezh: Voronezh State University Publishing House. – 2016. – S. 200-206.
 12. Shiranovich PI Towards the flea fauna of Sev. – Zap. Caspian region / P.I.Shiranovich // Abstracts of research works of the Rostov-on-Don State Research Anti-Plague Institute / Rostov-on-Don, 1949. – №8. – P. 41-46.

Поступило в редакцию 11.11.2020,

принята к публикации 01.12.2020.

Сведения об авторах

- Котти** Борис Константинович, доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии и биоразнообразия Северо-Кавказского федерального университета; ведущий научный сотрудник ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь, Россия
E-mail: boris_kotti@mail.ru
- Стахеев** Валерий Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель председателя по научной работе ФГБУН Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской Академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия.
E-mail: stvaleriy@yandex.ru
- Забашта** Алексей Владимирович, лаборант ФКУЗ Ростовский-на-Дону противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ростов-на-Дону, Россия.
E-mail: zabashta68@mail.ru

About authors

- Kotti** Boris Konstantinovich, FGAO VO North Caucasus federal University, Stavropol, Russia. FKUZ Stavropol Plague Control Research Institute, Stavropol, Russia.
E-mail: boris_kotti@mail.ru
- Stakheev** Valeriy Vladimirovich, FGBUN Federal Research Center The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia.
E-mail: stvaleriy@yandex.ru
- Zabashta** Aleksey Vladimirovich, FKUZ Rostov-on-Don Plague Control Research Institute, Rostov-on-Don, Russia.
E-mail: zabashta68@mail.ru

25.00.17
УДК 553.982.2

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Р.М. Галикеев,

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень, Россия и
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень,
Россия; rmgalikeev@tnnc.rosneft.ru

Д.А. Анурьев,
Т.А. Харитоновна,

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень, Россия;
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень,
Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CO₂ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Введение:

В работе рассмотрен мировой опыт использования CO₂ в качестве вытесняющего агента на месторождениях нефти. Проведена аналитическая оценка определения минимального давления смешения для условий Западной Сибири.

Материалы и методы
исследований:

Изложен мировой опыт применения CO₂ как агента по вытеснению остаточных извлекаемых запасов. Оценена возможность применения на основе эмпирических зависимостей.

Результаты исследований
и их обсуждение:

Представлены результаты анализа развития методов увеличения нефтеотдачи, в частности газовых методов с применением CO₂. Приведены результаты по дополнительной добыче нефти от применения газовых методов и география распространения данных методов. Определены основные эмпирические зависимости и проведена предварительная оценка применимости CO₂ в качестве вытесняющего агента, с целью повышения нефтеотдачи. На основе крупных источников CO₂ в России определены потенциальные поставщики газа.

Выводы:

В последнее время, в связи с глобальным потеплением, в мире развиваются технологии сокращения эмиссии CO₂, основанные на улавливании промышленных выбросов и дальнейшего использования данного газа в качестве вытесняющего агента. Применение газовых методов по увеличению нефтеотдачи на территории Российской Федерации имеют сравнительно не большое распространение по сравнению с другими методами и можно ожидать появление новых проектов закачки CO₂ в пласт, использующих промышленные выбросы как источники данного газа.

Ключевые слова:

методы увеличения нефтеотдачи, водогазовое воздействие, углекислый газ, минимальное давление смеси

*Galikeev R.M.,
Anuriev D.A.,
Kharitonova T.A.

Tyumen Oil Research Center, Tyumen, Russia;

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of Tyumen», Tyumen, Russia

* rmgalikeev@tnc.rosneft.ru

Prospects for the use of CO₂ in Oil and Gas Fields in Western Siberia

- Introduction:** The paper considers the world experience of using CO₂ as a displacing agent in oil fields. An analytical assessment of determining the minimum mixing pressure for the conditions of Western Siberia has been carried out.
- Materials and methods of the research:** The world experience of using CO₂ as an agent for displacement of residual recoverable reserves is described. The possibility of application based on empirical dependencies is estimated.
- The results of the study and their discussion:** The results of the analysis of the development of enhanced oil recovery methods, in particular gas methods with the use of CO₂, are presented. The results on additional oil production from the use of gas methods and the geography of distribution of these methods are presented. The main empirical relationships have been determined and a preliminary assessment of the applicability of CO₂ as a displacing agent has been carried out to increase oil recovery. Potential gas suppliers have been identified based on large CO₂ sources in Russia.
- Conclusions:** Recently, in connection with global warming, technologies for reducing CO₂ emissions, based on capturing industrial emissions and further using this gas as a displacing agent, have been developing in the world. The use of gas methods to enhance oil recovery on the territory of the Russian Federation is relatively small compared to other methods, and we can expect the emergence of new projects for CO₂ injection into the reservoir, using industrial emissions as a source of this gas.
- Key words:** enhanced oil recovery methods, water-gas treatment, carbon dioxide, minimum miscibility pressure

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется «экологизации» добычи нефти и газа в мире, на фоне существующего тренда многие ученые и нефтегазодобывающие компании стран мира обратили свое внимание на утилизацию CO₂ [1]. Другой тренд, – рост стоимости разработки вновь вводимых запасов, делает необходимым поиск методов и технологий увеличения нефтеотдачи на традиционных уже истощаемых месторождениях [2]. Одним из таких методов может являться закачка CO₂ в нефтяной пласт с целью повышения нефтеотдачи.

Способы утилизации CO₂ возможны в двух вариантах: закачка в истощенные горизонты месторождений [2, 3, 4] и использование в ка-

честве агента для увеличения нефтеотдачи, в качестве газового (водогазового) метода [5, 6, 7, 8].

Во многом современные технологии разработки не позволяют добыть жидкие углеводороды (УВ) в полном объеме от начальных извлекаемых запасов, – как правило удается добыть от 30-55 % УВ, которые насыщают коллектор. В мировой практике имеется достаточно обширная часть публикаций, посвященная использованию CO₂ в качестве метода увеличения нефтеотдачи.

Цель работы заключается в обобщении зарубежного и отечественного опыта по использованию CO₂ для увеличения нефтеотдачи, а также оценки возможного эффекта от внедрения на объектах ПАО НК РОСНЕФТЬ.

Материалы и методы исследований

Различают несколько вариантов реализации технологии газовых МУН.

Во-первых, по режиму вытеснения. При определенных свойствах флюидов и термобарических условиях, удается достичь смешивающегося (miscible) вытеснения. При этом граница раздела фаз между закачиваемым газом и нефтью исчезает, а коэффициент вытеснения приближается к 1. При несмешивающемся вытеснении часть закачиваемого газа растворяется в нефти, что приводит к снижению вязкости и плотности нефти.

Во-вторых, по способу совмещения закачки газа и закачки воды. Закачка газа может осуществляться после длительного периода заводнения, или попеременными оторочками воды и газа (wateralternatinggas – WAG), или в форме водогазовой смеси. В отдельных случаях закачка газа реализуется как альтернатива заводнению.

Попеременная закачка воды и газа (ImmiscibleWAG, miscibleWAG) – в данной форме газ и вода закачиваются попеременно в одну и ту же скважину. Это может выполняться и при условии смешения и без смешения. Эффект схож с третичной закачкой газа, когда вода и газ замещают нефть из различных участков коллектора [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Мировой опыт увеличения нефтеотдачи путем закачки CO₂ и природного газа географически представлен достаточно обширно в таких странах как США [10, 11, 12], Канада [13], Китай [14,



Рис. 1. Распределение проектов по увеличению нефтеотдачи по миру.

Fig. 1. Distribution of EOR projects around the world.

15], Норвегия [16, 17], Россия [18, 19] и других странах, ведущих добычу углеводородного сырья.

На основе анализа 250 проектов, на 2014 год, по увеличению нефтеотдачи авторами [20] было получено следующее распределение по миру (рис. 1).

Как можно заметить среди проектов газовых МУН преобладают технологии попеременной закачки воды и газа (wateralternatinggas – WAG) в режиме смешивающегося вытеснения (misciblegas), которые составляют более 38% от применяемых технологий увеличения нефтеотдачи в мировых проектах.

Из статистики США [21] по проектам увеличения нефтеотдачи (EOR) наибольшее распространение получили газовые методы, продолжая вытеснять другие методы на протяжении более 10 лет (рисунок 2). Рост дополнительно добытой нефти газовыми методами возрос с 40,6 тыс. т/сут до 64,2 тыс. т/сут.

Предпосылками применения газовых методов является наличие источников недорогого газа. Как правило, это проекты где нет возмож-

Количество проектов,
ед.



Рис. 2. Динамика изменения количества проектов по разным методам в США.

Fig. 2. Dynamics of changes in the number of projects by different methods in the USA.

ности монетизировать попутный нефтяной газ или имеются близко расположенные источники CO₂. Например в США большое количество проектов по закачке CO₂ объясняется наличием природных залежей данного газа вблизи нефтяных месторождений (рис. 3) [21].

Если обратить внимание на опыт СССР и РФ по использованию газовых методов, то можно увидеть, что большинство проектов связаны с закачкой попутного нефтяного газа 1-3 степени сепарации на промысле по технологии WAGv режиме смешивающегося вытеснения. Стоит отметить, что в период с 1945 по настоящее время реализовано не более 25 проектов по водогазовому воздействию на различных месторождениях. За столь длительный период технологический эффект (% КИН) составил в среднем от 3,3 до 12%, на объекте БВ10 Самолторского месторождения данный эффект составил 19% [22]. В целом опыт применения технологий водогазового воздействия показал свою эффективность не ниже мировых уровней, но для развития нужна соответствующая инфраструктура, которая сдерживает развитие данных технологий.

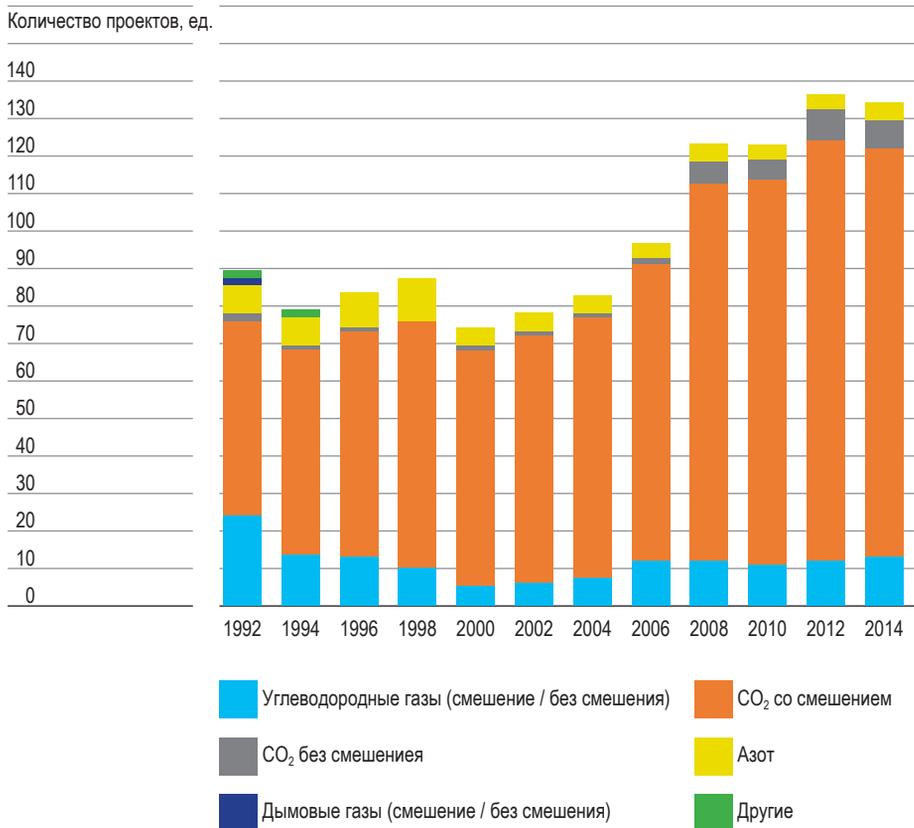


Рис. 3.

Активные проекты по увеличению нефтеотдачи газовыми методами в США.

Fig. 3. Active gas enhanced oil recovery projects in the USA.

Эффективность газовых методов во многом определяется возможностью реализации смешивающегося вытеснения. Условия достижения данного режима зависят от состава нефти, закачиваемого газа, пластовых давлений и температуры. Давление, при котором достигается смешивающееся вытеснения (для заданных нефти, газа и температуры) называется минимальным давлением смешимости (minimum miscibility pressure MMP). Минимальное давление смешимости определяется в ходе лабораторных опытов, например, вытеснение на тонких трубках, рисунок 4 (slimtube). На текущий момент опубликовано достаточно много результатов подобных экспериментов и опираясь на них построены несколько эмпирических зависимостей.

Эмпирические зависимости расчета минимального давления смешимости:

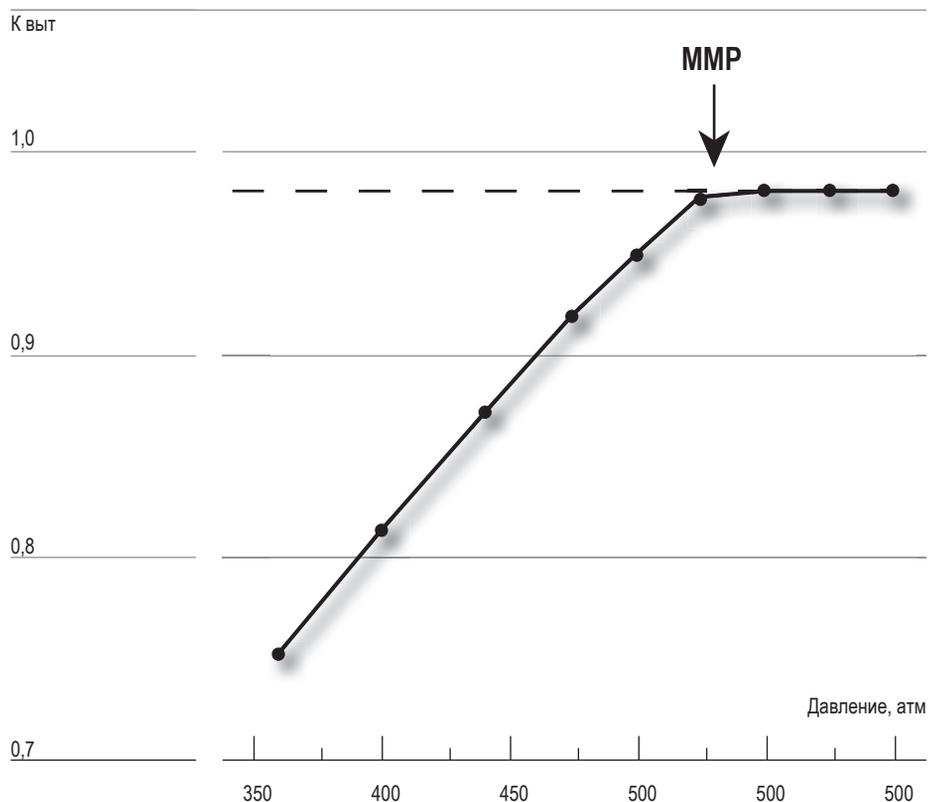


Рис. 4. Зависимость достижения смешивающегося вытеснения при минимальном давлении смеси.

Fig. 4. Dependence of achieving miscible displacement at minimum miscibility pressure.

Cronquist [23]:

$$MMP (CO_2) = 15.988 \cdot T^{0.744206 + 0.0011038 \cdot x(C_{5+}) + 0.0015279 \cdot x(C_1)} \quad (1)$$

где: T – температура, °F;
 $x(C_{5+})$ – мольная доля компонентов, г/моль;
 $x(C_1)$ – мольная доля компонента C_1 в нефти, г/моль.

Yelling and Metcalfe [24]:

$$MMP (CO_2) = 1822.717 + 2.2518055 \cdot T + 0.0180067 \cdot T^2 - 105949/T \quad (2)$$

Yuan [25]:

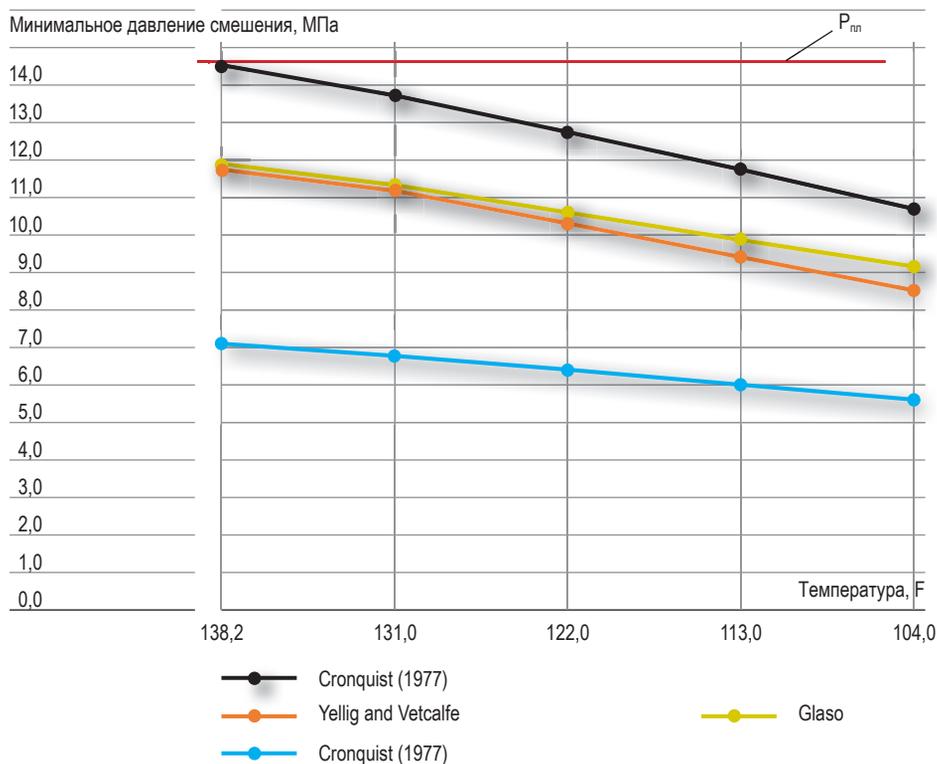


Рис. 5. Расчетные значения минимального давления смесимости для условий Западной Сибири.

Fig. 5. Calculated values of the minimum miscibility pressure for the conditions of Western Siberia.

$$MMP(\text{CO}_2) = a_1 + a_2 \cdot Mc_{7+} + a_3 \cdot Pc_{2-6} + (a_4 + a_5 \cdot Mc_{7+} + a_6 \cdot Pc_{2-6} / Mc_{7+} + (a_7 + a_8 \cdot Mc_{7+} + a_9 \cdot Mc_{7+}^2 + a_{10} \cdot Pc_{2-6}) \cdot T^2 \quad (3)$$

где: $a_1 = -1,4634 \cdot 10^3$, $a_2 = 6,612$, $a_3 = -44,979$, $a_4 = 2,139$,
 $a_5 = 0,11667$, $a_6 = 8,1661$, $a_7 = -0,12258$, $a_8 = 1,2283 \cdot 10^{-3}$,
 $a_9 = -4,0152 \cdot 10^{-6}$, $a_{10} = -9,2577 \cdot 10^{-4}$, Mc_{7+} молекулярная масса компонентов Mc_{7+} , Pc_{2-6} г/моль, – мольная доля, %.

Glaso [26]:

$$MMP(\text{CO}_2) = 810.0 - 3.404 \cdot Mc_{7+} + (1.7 \cdot 10^{-9}) a_3 \cdot Pc_{2-6} + (a_4 + a_5 \cdot Mc_{7+}^{3.730} \cdot e^{786.6 \cdot Mc_{7+}^{0.08}}) \cdot T \quad (4)$$

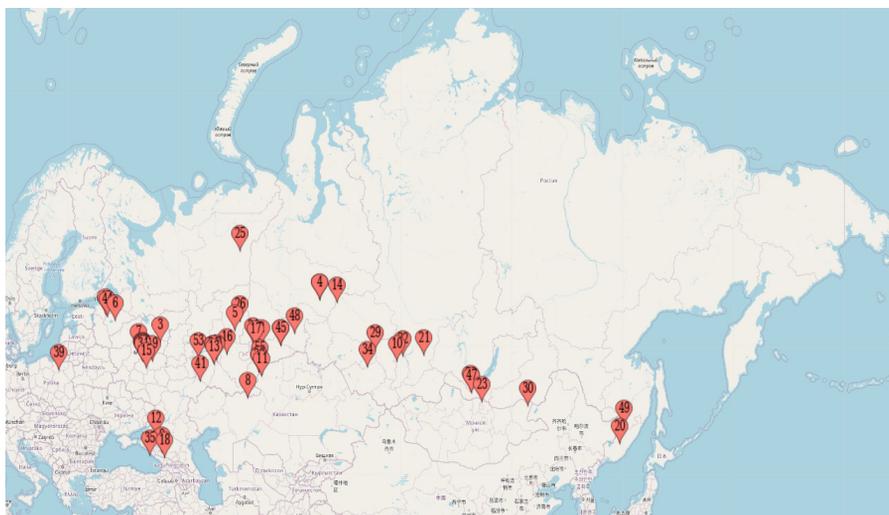


Рис. 6.

Распределение наиболее мощных источников CO₂.Fig. 6. Distribution of the most powerful CO₂ sources.

По всем рассмотренным методам, минимальное давление смеси в диапазоне пластовой температуры ниже пластового давления. Таким образом, приведенные зависимости позволяют спрогнозировать, что газовое воздействие будет осуществляться по механизму смешения пластовой нефти и закачиваемого газа (рис. 5) и, следовательно, иметь потенциал достижения высокого КИН. Для дальнейшей проработки необходимо проведение собственных лабораторных экспериментов и оценка процессов на композиционной гидродинамической модели.

Как правило, применение CO₂ как агента закачки характеризуется минимальным давлением смеси ниже, чем при использовании углеводородных газов. Но природные источники CO₂ достаточно редко встречаются, поэтому до текущего времени, большая часть проектов закачки CO₂ расположена в США. В последнее время, в связи с глобальным потеплением, в мире развиваются технологии сокращения эмиссии CO₂, основанные на улавливании промышленных выбросов и дальнейшего использования данного газа (carbon capture and utilization – CCU).

В связи с этим можно ожидать появление новых проектов закачки CO₂ в пласт, использующих промышленные выбросы как источники данного газа. Одним из существенных источников выбросов CO₂ являются выбросы теплоэлектростанций. На рисунке 6 приведено расположение наиболее мощных теплоэлектростанций в России. Среди

них есть близко расположенные к нефтегазовым месторождениям. Соответственно может быть рассмотрена технология ССУ.

Выводы

1. Обобщен современный мировой опыт по применению газовых методов увеличения нефтеотдачи со средним увеличением КИН от 8–24% от начальных геологических запасов.
2. Одним перспективных методов газового воздействия являются газовые, где в качестве рабочего агента применяется CO_2 , в среднем данный метод позволяет увеличить КИН от 5–18% от начальных геологических запасов. Также необходимо моделирование процессов использования смеси CO_2 и попутного нефтяного газа, сжигаемого на месторождениях.
3. На основании проведенных аналитических исследований по моделированию процесса газового воздействия на разрабатываемый объект, можно сделать вывод о перспективности данного метода, т.к. при закачке CO_2 необходимо значительно меньшее давление, чем при закачке попутного нефтяного газа. Используемые эмпирические зависимости необходимо уточнять в лабораторных условиях по определению минимального давления смешения.
4. Необходимо провести оценку экономических показателей по применению данного метода и доступных технологий по получению CO_2 в промышленных объемах, в связи с отсутствием доступного CO_2 для реализации данной технологии.

Библиографический список

1. Bickle M.J. Geological carbon storage // Nature Geosci. 2009. V. 2. P. 815–818.
2. Хромых Л.Н., Литвин А.Т., Никитин А.В. Применение углекислого газа в процессах повышения нефтеотдачи пластов // Вестник Евразийской науки, 2018 №5, <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (доступ свободный).
3. Oldenburg C.M., Pruess R., Benson S.M. Process modeling of CO_2 injection into natural gas reservoirs for carbon sequestration and enhanced gas recovery // Energy and Fuel. 2001. V. 15. P. 293–298.
4. Benson S.M., Cole D.R. CO_2 sequestration in deep sedimentary formations // Elements. 2008. V. 4. N. 325–331.
5. Антониади Д.Г. Увеличение нефтеотдачи пластов газовыми и парогазовыми методами // Недра. – 1998.

6. Кокорев В.И. Газовые методы – новая технология увеличения нефтеотдачи пластов // Нефтепромысловое дело. – Москва, 2009. – № 11. – С. 24-26.
7. Газоциклическая закачка диоксида углерода в добывающие скважины для интенсификации добычи высоковязкой нефти / Волков В.А., Прохоров П.Э., Турапин А.Н., Афанасьев С.В. // Нефть. Газ. Новации. 2017. № 4. С. 62-66.
8. Балинт В., Бан А., Долешан Ш. Применение углекислого газа в добыче нефти. М.: Недра, 1977. 240 с.
9. Hinderaker, L., & Njaa, S. (2010, January 1). Utilization of Associated Petroleum Gas (APG). The Norwegian Experience (Russian). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/136316-RU.
10. Babson, E. C. (1989, January 1). A Review of Gas Injection Projects in California. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/18769-MS.
11. Manrique, E. J., Muci, V. E., & Gurfinkel, M. E. (2006, January 1). EOR Field Experiences in Carbonate Reservoirs in the United States. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/100063-MS.
12. Brodie, J. A., Jhaveri, B. S., Moulds, T. P., & Mellemstrand-Hetland, S. (2012, January 1). Review Of Gas Injection Projects In BP. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/154008-MS.
13. Gary S. Birarda, Chris W. Dilger, Ian McIntosh Re-Evaluation of the Miscible WAG Flood in the Caroline Field, Alberta // SPE Reservoir Engineering. 1990. V. 5. P. 453-458. <https://doi.org/10.2118/18066-PA>.
14. Feng Baojun, Du Xingjia, Yu Cai Pilot Test of Water Alternating Gas Injection in Heterogeneous Thick Reservoir of Positive Rhythm Sedimentation of Daqing Oil Field // SPE Advanced Technology Series. 1997. Vol. 5. No. 1. P. 41-48. <https://doi.org/10.2118/30842-PA>.
15. Qi, Z., Liu, T., Xi, C., Zhang, Y., Shen, D., Mu, H., ... Babadagli, T. (2020, October 26). A Field Pilot Test on CO₂ Assisted Steam-Flooding in a Steam-flooded Heavy Oil Reservoir in China (Russian). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/201832-RU.
16. Rune Instefjord, Annick Chazy-Todnem 10 Years of WAG Injection in Lower Brent at the Gullfaks Field // European Petroleum Conference, 29-31 October, Aberdeen, United Kingdom. 2002, <https://doi.org/10.2118/78344-MS>.
17. H. Agustsson, G.H. Grinestaff A Study of IOR by CO₂ Injection in the Gullfaks Field, Offshore Norway // SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, 17-21 April, Tulsa, Oklahoma. 2004. <https://doi.org/10.2118/89338-MS>.
18. А.И. Вашуркин, С.В. Гусев, Г.В. Ложкин, А.С. Трофимов, Г.К. Цымлянский // Испытание технологий газового и водогазового воздействия на самотлорском месторождении. – М.: ВНИИО-ЭНГ, 1989.
19. Kalinin, S. A., Morozuyk, O. A., & Kosterin, K. S. (2020, October 26). Experimental Study of Heavy Oil Displacement by Carbon Dioxide on Carbonated Cores (Russian). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/201821-RU.

20. Siena, M., Guadagnini, A., Della Rossa, E., Lamberti, A., Masserano, F., & Rotondi, M. (2016, July 1). A Novel Enhanced-Oil-Recovery Screening Approach Based on Bayesian Clustering and Principal-Component Analysis. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/174315-PA.
21. VelloKuuskraa, Matt Wallace CO₂-EOR set for growth as new CO₂ supplies emerge // V. 112. Issue 4, Apr 7th, 2014.
22. Зацепин В.В., Максutow П.А. Современное состояние промышленного применения технологий водогазового воздействия // Нефтеpromысловое дело. – 2009. – №7. – С. 13-21.
23. Cronquist, C. Carbon Dioxide Dynamic Miscibility with Light Reservoir Oils, Proc. Fourth Annual US DOE Symposium, 1977, Tulsa, Oklahoma.
24. Yellig, W. F., & Metcalfe, R. S. (1980, January 1). Determination and Prediction of CO₂ Minimum Miscibility Pressures (includes associated paper 8876). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/7477-PA.
25. Yuan, H., Johns, R. T., Egwuenu, A. M., & Dindoruk, B. (2005, October 1). Improved MMP Correlation for CO₂ Floods Using Analytical Theory. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/89359-PA;
26. Glaso, O. (1985, December 1). Generalized Minimum Miscibility Pressure Correlation (includes associated papers 15845 and 16287). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/12893-PA.

References

1. Bickle M.J. Geological carbon storage // Nature Geosci. 2009. V. 2. P. 815–818.
2. Khromykh L.N., Litvin A.T., Nikitin A.V. Primenenie uglekislogo gaza v protsessakh povysheniya nefteotdachi plastov // Vestnik Evraziiskoinauki. – 2018. – №5, <https://esj.today/PDF/06NZVN518.pdf> (dostupsvobodnyi).
3. Oldenburg C.M., Pruess R., Benson S.M. Process modeling of CO₂ injection into natural gas reservoirs for carbon sequestration and enhanced gas recovery // Energy and Fuel. 2001. V/ 15. P. 293-298.
4. Benson S.M., Cole D.R. CO₂ sequestration in deep sedimentary formations // Elements. – 2008. – V. 4. – H. 325-331.
5. Antoniadi D.G. Uvelichenie nefteotdachi plastov gazovymi parogazovymi metodami // Nedra. – 1998.
6. Kokorev V.I. Gazovye metody – novyatekhnologiya uvelicheniya nefteotdachi plastov // Neftepromyсловое дело. – Moskva, 2009. – № 11. – S. 24-26.
7. Gazotsiklicheskaya zakachka dioksida ugleroda v dobyvayushchieskvazhinydlya intensifikatsii dobychivysokovyazkoi nefti / Volkov V.A., Prokhorov P.E., Turapin A.N., Afanas'ev S.V. // Neft'. Gaz. Novatsii. – 2017. – № 4. – S. 62-66.
8. Balint V., Ban A., Doleshan Sh. Primenenie uglekislogogaza v dobychenefti – M.: Nedra, 1977 – 240 s.
9. Hinderaker, L., & Njaa, S. (2010, January 1). Utilization of Associated Petroleum Gas (APG) – The Norwegian Experience (Russian).

- Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/136316-RU.
10. Babson, E. C. (1989, January 1). A Review of Gas Injection Projects in California. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/18769-MS.
 11. Manrique, E. J., Muci, V. E., &Gurfinkel, M. E. (2006, January 1). EOR Field Experiences in Carbonate Reservoirs in the United States. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/100063-MS.
 12. Brodie, J. A., Jhaveri, B. S., Moulds, T. P., &MellemstrandHetland, S. (2012, January 1). Review Of Gas Injection Projects In BP. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/154008-MS.
 13. Gary S. Birarda, Chris W. Dilger, Ian McIntosh Re-Evaluation of the Miscible WAG Flood in the Caroline Field, Alberta // SPE Reservoir Engineering. 1990. V. 5. P. 453-458. <https://doi.org/10.2118/18066-PA>.
 14. Feng Baojun, Du Xingjia, Yu Cai Pilot Test of Water Alternating Gas Injection in Heterogeneous Thick Reservoir of Positive Rhythm Sedimentation of Daqing Oil Field // SPE Advanced Technology Series. 1997. Vol. 5. No. 1. P. 41-48. <https://doi.org/10.2118/30842-PA>.
 15. Qi, Z., Liu, T., Xi, C., Zhang, Y., Shen, D., Mu, H., ... Babadagli, T. (2020, October 26). A Field Pilot Test on CO₂ Assisted Steam-Flooding in a Steam-flooded Heavy Oil Reservoir in China (Russian). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/201832-RU.
 16. Rune Instefjord, Annick ChazyTodnem 10 Years of WAG Injection in Lower Brent at the Gullfaks Field // European Petroleum Conference, 29-31 October, Aberdeen, United Kingdom. 2002, <https://doi.org/10.2118/78344-MS>.
 17. H. Agustsson, G.H. Grinestaff A Study of IOR by CO₂ Injection in the Gullfaks Field, Offshore Norway // SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, 17-21 April, Tulsa, Oklahoma. 2004. <https://doi.org/10.2118/89338-MS>.
 18. A.I. Vashurkin, S.V. Gusev, G.V. Lozhkin, A.S. Trofimov, G.K. Tsymlyanskii // Ispytanietekhnologiigazovogovodogazovogovozdeistviyanasamotlorskommestorozhdenii. – M.: VNII OENG, 1989.
 19. Kalinin, S. A., Morozuyk, O. A., &Kosterin, K. S. (2020, October 26). Experimental Study of Heavy Oil Displacement by Carbon Dioxide on Carbonated Cores (Russian). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/201821-RU.
 20. Siena, M., Guadagnini, A., Della Rossa, E., Lamberti, A., Masserano, F., &Rotondi, M. (2016, July 1). A Novel Enhanced-Oil-Recovery Screening Approach Based on Bayesian Clustering and Principal-Component Analysis. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/174315-PA.
 21. VelloKuuskraa, Matt Wallace CO₂-EOR set for growth as new CO₂ supplies emerge // V. 112. Issue 4, Apr 7th, 2014.
 22. Zatsepin V.V., Maksutov R.A. Sovremennoesostoyaniepromyshlennogoprimereniyatekhnologiivodogazovogovozdeistviya // Neftepromyslovedelo. – 2009. – №7. – S. 13-21.
 23. Cronquist, C. Carbon Dioxide Dynamic Miscibility with Light Reservoir Oils, Proc. Fourth Annual US DOE Symposium, 1977, Tulsa, Oklahoma.

24. Yellig, W. F., & Metcalfe, R. S. (1980, January 1). Determination and Prediction of CO₂ Minimum Miscibility Pressures (includes associated paper 8876). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/7477-PA.
25. Yuan, H., Johns, R. T., Egwuenu, A. M., & Dindoruk, B. (2005, October 1). Improved MMP Correlation for CO₂ Floods Using Analytical Theory. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/89359-PA.
26. Glaso, O. (1985, December 1). Generalized Minimum Miscibility Pressure Correlation (includes associated papers 15845 and 16287). Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/12893-PA.

Поступило в редакцию 27.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.

Сведения об авторах

- Галикеев** Руслан Маратович, к.т.н., ученый секретарь, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень, ул. Осипенко, 79/1.
Тел.: +7-909-741-11-01.
E-mail: galikeevrm@sibintek.ru, rmgalikeev@tnnc.rosneft.ru
- Анурьев** Денис Алексеевич, к.т.н., начальник управления, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень, ул. Осипенко, 79/1.
E-mail: DAAnuriev@tnnc.rosneft.ru
- Харитоновна** Татьяна Александровна, к.т.н., заместитель директора по учебно-методической работе Института сервиса и отраслевого управления ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, ул. Володарского, 38.
Тел.: +7-922-045-03-69.
E-mail: haritonovata@tyuiu.ru

About the authors

- Galikeev** Ruslan Maratovich, PhD, Scientific Secretary, Tyumen oil research center LLC, Tyumen, 79/1 Osipenko street.
Tel: +7-909-741-11-01.
E-mail: galikeevrm@sibintek.ru, rmgalikeev@tnnc.rosneft.ru
- Anur'ev** Denis Alekseevich, k.t.n. Nachal'nikupravleniya, ООО «Tyumenski-neftyanoinauchnyitsentr» g. Tyumen', ul. Osipenko 79/1.
DAAnuriev@tnnc.rosneft.ru
- Kharitonova** Tatiana Alexandrovna, PhD, Deputy Director, FSBEI HE "Tyumen Industrial University", Tyumen, st. Volodarsky 38.
Tel: +7-922-045-03-69.
E-mail: haritonovata@tyuiu.ru

25.00.17
УДК 622.279.51

**РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Катанова Р.К.,

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
г. Якутск, Россия; rose941101@mail.ru

Инякина Е.И.,
Левитина Е.Е.,
Краснов И.И.

ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень, Россия;

**ОЦЕНКА ПОТЕРЬ УГЛЕВОДОРОДОВ
В ЗАЛЕЖИ ПЛАСТА Т1-А ПРИ РАЗРАБОТКЕ
СРЕДНЕТЮНГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Введение.

Экспериментальные PVT – исследования многокомпонентной газоконденсатной смеси для определения потерь углеводородов при наличии конденсационной воды в залежи, проводились на рекомбинированных пробах газа сепарации, конденсационной воды и насыщенного конденсата. Пробы пластового флюида отбирались при промысловых исследованиях из скважин, эксплуатирующей газоконденсатную залежь пласта Т1-А Среднетюнгского нефтегазоконденсатного месторождения.

Материалы и методы исследований.

При эксплуатации нефтегазоконденсатной залежи на истощение компонентный состав (смесь углеводородов и паров воды) добываемой газоконденсатной системы изменяется, что оказывает влияние на пластовые потери углеводородов, а также на свойства флюидов и динамику их фазового поведения в процессе разработки месторождения. Экспериментальное моделирование условий эксплуатации при различных термодинамических состояниях проводилось с целью определения влияния конденсационной воды на величину извлечения конденсата в процессе разработки.

Результаты исследований и их обсуждение.

В процессе формирования месторождения образуются в течении геологического времени конденсационные воды при инверсии ловушек с газовыми и газоконденсатными залежами. В залежах при высоких давлениях и температуре количество водяных паров увеличивается, что оказывает отрицательное влияние на величину пластовых потерь углеводородов. В результате моделирования на экспериментальной PVT – установке определялось влияние водяного пара как составной части углеводородной системы на фазовое поведение конденсата в залежи и на величину текущих пластовых потерь в залежи. Учитывать, что многокомпонентные углеводородные системы состоят из смеси газа, конденсата и водяных паров, что существенно меняет свойства системы и динамику ее фазового состояния в процессе разработки.

Выводы.

При проведении многократных PVT – опытов определено давление начала конденсации. Из полученной графической зависимости видно, что при контактном и дифференциальном методе исследования начало выпадения конденсата равно пластовому давлению, при наличии в газоконденсатной системе воды процесс конденсации усиливается. При этом давление максимальной конденсации смещается в сторону начального пластового давления. Характер кривой «пластовых потерь» указывает на усиление процесса конденсации в присутствии конденсационной воды в продукции скважины. При наличии воды до 5% возросли потери конденсата в залежи, соответственно величина КИК уменьшилась.

Ключевые слова:

конденсационная вода, пластовые потери конденсата, газ сепарации, пластовая вода, контактная конденсация, экспериментальные PVT-исследования.

Katanova R.K.*,
Inyakina E.I.,
Levitina E.E.,
Krasnov I.I.

North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia;
Tyumen industrial University, Tyumen, Russia;
Tyumen industrial University, Tyumen, Russia;
*rose941101@mail.ru

Assessment of Hydrocarbon Losses in the Reservoir of Formation T1-A During the Development of the Srednetnyungsky Field

- Introduction.** Experimental PVT studies of a multicomponent gas-condensate mixture to determine the loss of hydrocarbons in the presence of condensation water in the reservoir were carried out on recombined samples of separation gas, condensation water and saturated condensate.
- Materials and methods of the research.** During the exploitation of an oil and gas condensate reservoir for depletion, the component composition (mixture of hydrocarbons and water vapor) of the produced gas condensate system changes, which affects the formation losses of hydrocarbons, as well as the properties of fluids and the dynamics of their phase behavior during field development. Experimental modeling of operating conditions under various thermodynamic states was carried out in order to determine the effect of condensation water on the amount of condensate recovery during development.
- The results of the study and their discussion.** In the process of deposit formation, condensation waters are formed during geological time during the inversion of traps with gas and gas condensate deposits. In reservoirs at high pressures and temperatures, the amount of water vapor increases, which has a negative effect on the amount of formation losses of hydrocarbons. As a result of modeling on the experimental PVT installation, the influence of water vapor as a component of the hydrocarbon system on the phase behavior of condensate in the reservoir and on the value of the current reservoir losses in the reservoir was determined. Take into account that multicomponent hydrocarbon systems consist of a mixture of gas, condensate and water vapor, which significantly changes the properties of the system and the dynamics of its phase state during development.
- Conclusions.** Conducting multiple PVT – experiments determined the pressure of the beginning of condensation. From the obtained graphical dependence it can be seen that with the contact and differential research method, the beginning of condensate dropout is equal to the reservoir pressure, in the presence of water in the gas condensate system, the condensation process increases. In this case, the maximum condensation pressure is shifted towards the initial reservoir pressure. The nature of the “formation loss” curve indicates an intensification of the condensation process in the presence of condensation water in the well production. In the presence of water, condensate losses in the reservoir increased up to 5 %, respectively, the CFC value decreased.
- Key words:** condensation water, formation condensate losses, separation gas, formation water, contact condensation, experimental PVT studies.

Введение

Изучение термодинамических свойств проб пластовой газоконденсатной системы Среднетюнгского месторождения выполнялось на этапе геолого-разведочных работ. Первые аналитические исследования проводились комплексной Восточно-Сибирской лабораторией (ВСКЛ) при сотрудничестве ООО «ГазпромВНИИгаза». Эти исследования выполнялись с целью получения исходных данных

для подсчета извлекаемых запасов конденсата, определения его потенциального содержания в пластовом газе, учета добычи конденсата при проектировании разработки месторождения [1,2].

Трудность исследований представляли низко продуктивные залежи нижнетриасового возраста, характеризующиеся достаточно высокой степенью неоднородности с низкопроницаемыми коллекторами. Поэтому для получения необходимых дебитов приходится создавать большие депрессии на пласт и оценка истинных газоконденсатных характеристик проблематична. Влияние пластовой воды на выработку запасов приводит к значительной дифференциации текущего состава сырья, в результате чего возникает необходимость применения методик исследования, которые позволяют определять все характеристики добываемого сырья с наименьшей погрешностью. Пласт Т₁-А пройден всеми скважинами, пробуренными на месторождении. Газоконденсатная залежь вскрыта тринадцатью скважинами, три из которых (№№ 225, 230, 240) дали приток газоконденсатной смеси интервал газовой контакта (ГВК) залежи. Пробная эксплуатация и исследования по залежи проведены в скважине № 222 (а.о. 2550,8–2578,8 м). В течение пробной эксплуатации она работала стабильно с постоянными устьевыми параметрами [3, 4].

Материалы и методы исследований

Физико-химические свойства пластовых газов и конденсата изучались по залежам верхнепермского продуктивного комплекса в пластовых и поверхностных условиях. Исследовано было более 37 образцов свободного и растворенного газов. Пробы газа сепарации и насыщенного конденсата отбирались в контейнер высокого давления (КЖ-300). При этом определялось содержание метана и его гомологов, углекислого газа, азота, водорода, и также гелия. Установление достоверности состава газа сепарации, кондинционность, прежде всего, определялась сопоставлениями результатов анализов проб, отобранных при различных условиях. Содержание метана в газах залежей Среднетюнгского месторождения колеблется в пределах 90,53–92,06%, а конденсата в газах колеблется в пределах 1,4–1,10%.

Водорастворенные газы по сравнению со свободными газами характеризуются большим содержанием метана и, наоборот, уменьшением тяжелых углеводородов, причем количество тяжелых фракций в них падает при удалении от контактов газовых залежей. Плотность колеблется в пределах 0,7539–0,7544 г/см³, температура начала кипения – 38–42 °С [5].

Таким образом, в соответствии с методикой комплекс исследований пластовых систем подразделяется на промысловые исследования

Таблица 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫСЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Table 1. FIELD RESEARCH RESULTS

Параметры и единицы измерения	Показатели		
Номер скважины	226	226	226
Продуктивный горизонт	Т,-А	ТГБ	ТГВ
Интервал перфорации, м	2744-2755	2690-2718	2720-2745
Глубина спуска НКТ, м	2744	2692	2728
Внутренний диаметр НКТ, м	50	50	63
Тип сепаратора	ГСВ-100	ГСВ-100	ГСВ-100
Пластовое давление (абс.), кгс/см ²	276	276	277
Давление затрубное, кгс/см ²	210	212	216
Давление трубное, кгс/см ²	198	210	201
Давление сепарации, кгс/см ²	58	58	63
Пластовая температура, °С	+58	+58	+61
Температура сепарации, °С	-3	+7	+ 19
Истечение газа	По НКТ	По НКТ	По НКТ
Дебит газа, тыс.м ³ /сутки	164,1	154,0	138,0
Дебит воды, м ³ /сутки	–	–	19,7
Содержание дегазированного конденсата, см ³ /м ³	76,2	66,2	63,0
Содержание сырого конденсата, см ³ /м ³	100,3	81,8	76,4

продуктивных объектов для определения количества конденсата и лабораторные исследования, в задачу которых входит определение потенциального содержания конденсата в газе и пластовых потерь при разработке залежи на истощение.

Результаты исследований и их обсуждение

Промысловые исследования проводились методом одноступенчатой сепарации с помощью сепаратора типа ГСВ-100. Дебит газа после выхода из сепаратора измерялся при помощи ДИКТ – дифференциального измерителя критического истечения. На конце выкидной линии установлены средства измерения давления и температуры – манометр и термометр. Газоконденсатный фактор рассчитывался как отношение объема конденсата к объему отсепарированного газа в (см³/м³). В таблице 1 приведены результаты исследований.

Гидрогеологический комплекс характеризуется распространением пластовых вод хлоркальциевого типа. Увеличение минерализации

Таблица 2. СВЕДЕНИЯ О ВОДОНАПОРНОМ КОМПЛЕКСЕ
Table 2. Information about the water pumping complex

Номер п/п	Параметры и их размерность	Принятые значения
1	Минерализация пластовой воды, г/л	50
2	Плотность воды при стандартных условиях, г/см ³	1,035
3	Плотность воды при пластовых условиях, г/см ³	1,029
4	Газонасыщенность пластовой воды, см ³ /м ³	2
5	Параметры рН	5,6-6,0
6	Пластовая температура, С°	60
7	Удельное электрическое сопротивление воды, Омм	0,075
8	Пластовый объемный коэффициент	1,006

по разрезу гидрогеологического комплекса свидетельствует о большой роли локальных водоупоров. Таким образом, можно прогнозировать водонапорный режим залежей в продуктивном комплексе. Сведения о водонапорной системе комплекса приведено в таблице 2.

С целью определения свойств пластовой системы газоконденсатной залежи пласта Т₁-А Среднетюнгского месторождения для обоснования извлекаемых запасов конденсата проведены лабораторные термодинамические исследования. Они включали в себя измерение объемов и отношений всех составных продукции скважины с отбором представительных проб газа сепарации, насыщенного конденсата и воды. После доставки проб в лабораторию проводилась подготовительная обработка и анализ образцов газа, конденсата и воды. Экспериментальные термодинамические исследования проводились на установке – *PVT* соотношений с целью определения пластовых потерь конденсата при прогнозе разработки месторождения на истощение. По результатам экспериментальных исследований определялся коэффициент конденсатоотдачи (КИК) для обоснования извлекаемых запасов углеводородов с учетом влияния конденсационной воды. На рисунке 1 представлен прогноз **потерь** конденсата в залежи Т₁-А Среднетюнгского месторождения.

Так, из графической зависимости видно, что давления начала конденсации определенные при контактном и дифференциальном способе равны текущему пластовому давлению, и составили 25,90 МПа. На рисунке 2 показано графическое распределение конденсата залежи Т₁-А при наличии пластовой воды в системе.

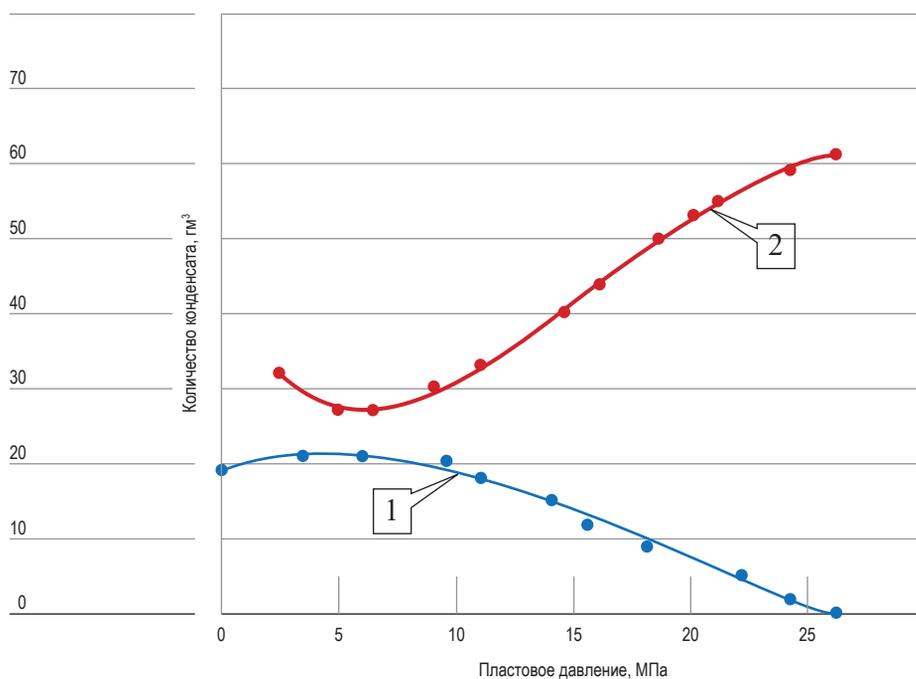


Рис. 1. Динамика пластовых потерь углеводородов газоконденсатной системы залежи Т₁-А Среднетюнгского месторождения:
1 – пластовые потери конденсата г/м³,
2 – текущее потенциальное содержание конденсата, г/м³.

Fig. 1. Dynamics of reservoir losses of hydrocarbons in the gas condensate system of the T1-A reservoir of the Srednetyungskoye field:

1 – formation condensate losses g/m³,
 2 – current potential condensate content, g/m³.

По результатам исследований потери насыщенного конденсата в залежи увеличились при наличии в пластовой газоконденсатной системе воды. Кроме того по поинтервальным значениям этой кривой рассчитывается поинтервальное содержание конденсата и строится график изменения потенциального содержания конденсата при снижении пластового давления в залежи.

Дифференциальная конденсация, в отличие от контактной, представляет собой необратимый процесс. Поэтому для получения нескольких точек по выпадению стабильного конденсата необходимо проведения нескольких опытов дифференциальной конденсации, каждый раз

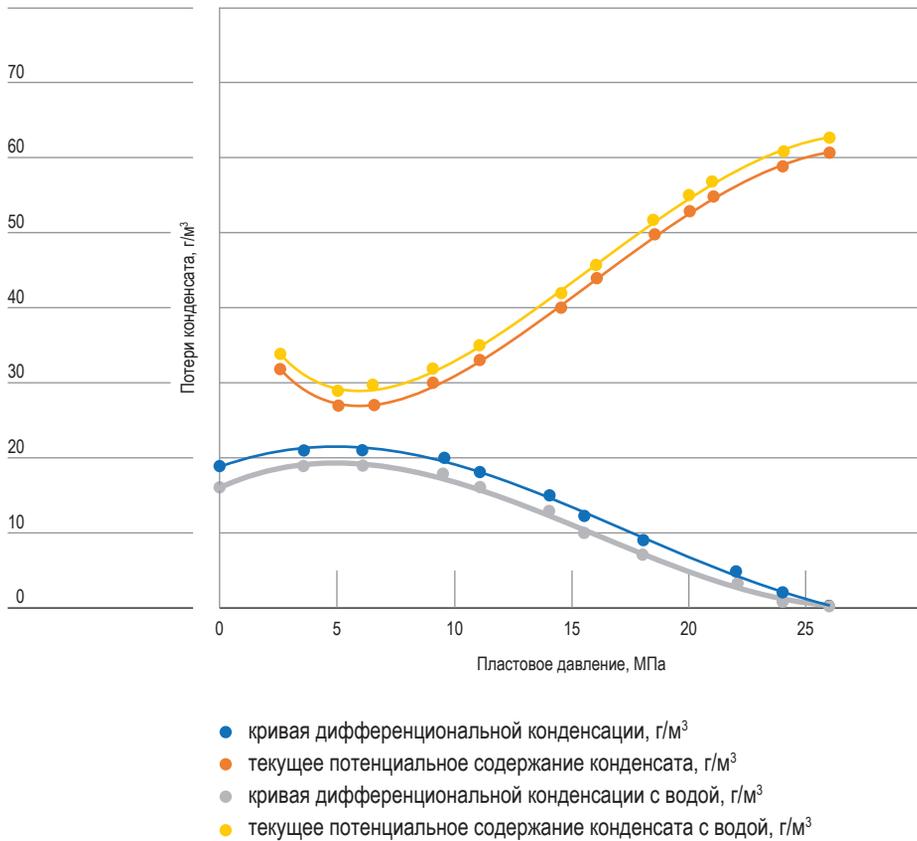


Рис 2.

Графическое распределение конденсата залежи Т₁-А при наличии пластовой воды в системе: 1 – пластовые потери конденсата при наличии и без воды в системе г/м³, 2 – потенциальное содержание конденсата при наличии и без воды в системе, г/м³

Fig. 2. Graphical distribution of condensate for T1-A reservoir in the presence of produced water in the system: 1 – formation condensate losses with and without water in the system, g/m³, 2 – potential condensate content with and without water in the system, g / m³

до искомой точки давления аппарата или пласта. При данном исследовании проводилось несколько опытов до давления 0,1 МПа, а построение графика пластовых потерь стабильного конденсата выполнялось через объемные коэффициенты усадки от соответствующих значений на исходной таблице 3 выпадения сырого конденсата.

Кроме того, время стабилизации парожидкостного равновесия на точках составляло от 1 часа до 1,5 часов. Эта величина времени стабилизации была установлена в ходе настоящего исследования для достижения полного слива конденсата в мерный цилиндр. При давлении 0,1 МПа в ячейке – РИТ зафиксировано измерением по мерному порш-

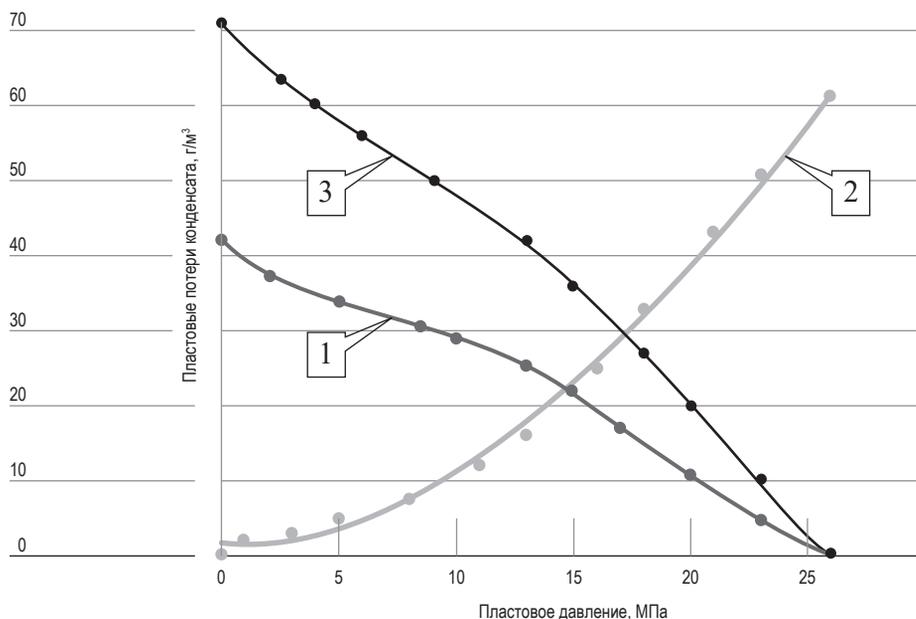


Рис 3. Распределение конденсата в залежи пласта Т1-А на примере газоконденсатной смеси, отобранной из скважины №226 Среднетюнгского месторождения: 1 – суммарный отбор конденсата, г/м³, 2 – содержание конденсата в газовой фазе пласта, г/м³, 3 – коэффициент конденсатоотдачи.

Fig. 3. Condensate distribution of T1-A reservoir on the example of a gas-condensate mixture sampled from well No. 226 of the Srednetyungskoye field: 1 – total condensate withdrawal, g/m³, 2 – condensate content in the gas phase of the formation, g/m³, 3 – condensate recovery factor.

Таблица 3. БАЛАНС РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНДЕНСАТА ПЛАСТА Т₁-А
Table 3. Reservoir condensate distribution balance T₁-A

Этап разработки	Пластовое давление, МПа	Суммарный отбор конденсата из пласта, г/м ³	Содержание конденсата в газовой фазе пласта, г/м ³	Коэффициент извлечения Кизвл
0	25,90	–	61,62	–
1	23,41	6,12	54,70	9,93
2	20,82	12,03	45,79	19,52
3	18,23	17,53	37,09	28,45
4	15,64	22,58	28,64	36,64
5	13,05	27,04	20,78	43,88
6	10,46	30,89	14,13	50,13
7	7,87	34,17	9,05	55,45
8	5,28	37,08	5,64	60,18
9	2,69	39,85	3,53	64,67
10	0,10	44,99	–	73,01

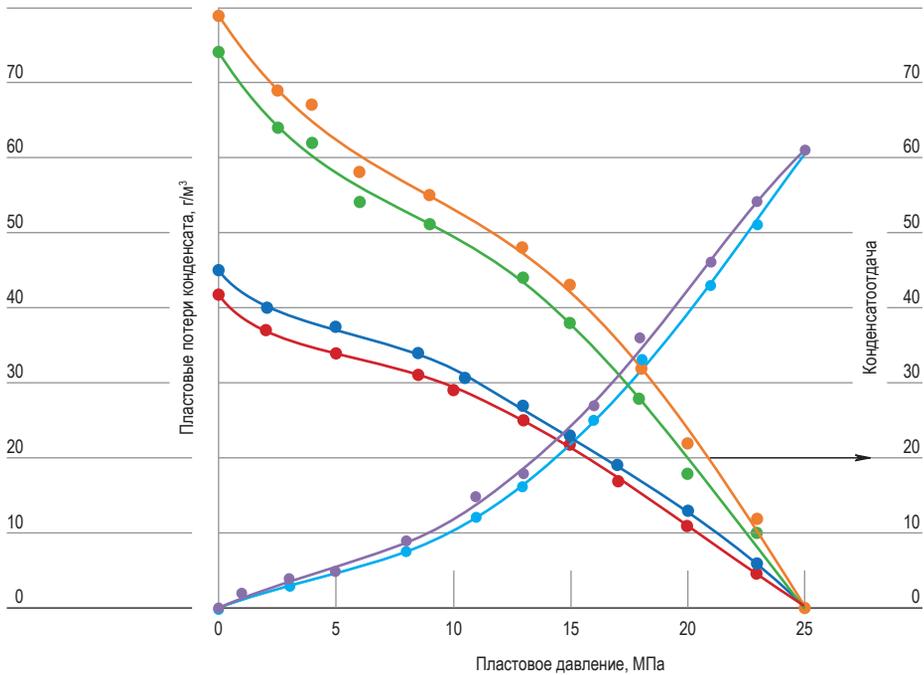


Рис. 4. Распределение конденсата залежи Т₁-А при наличии пластовой воды в системе:

- 1 – суммарный отбор конденсата при наличии воды в системе, г/м³;
- 2 – содержание конденсата в газовой фазе пласта при наличии воды, г/м³;
- 3 – текущая конденсатоотдача при наличии воды в системе.

Fig. 4. Distribution of condensate from deposits T1-A, if any formation water in the system:

- 1 – total condensate withdrawal in the presence of water in the system, g/m³;
- 2 – condensate content in the gas phase of the formation in the presence of water, g/m³;
- 3 – current condensate recovery in the presence of water in the system.

ню, а затем в лабораторной пробирке – 22,00 см³ стабильного конденсата. Плотность стабильного конденсата, выпавшего в бомбе равновесия в конце опыта при давлении 0,1 МПа, измеренная при температуре +20 °С, составила – $\rho_4^{20} = 0,7560$ г/см³. Объем выпущенного из ячейке – PVT газа в конце опыта, зафиксированный газовым счетчиком барабанного типа составил: 2098,14 – 1843,94 = 254,2 или 252 литра, что почти совпадает с объемом загруженного в бомбу газа в начале опыта.

По результатам исследований пластового газа на установке – PVT проведены расчеты для построения графика изменения текущего содержания конденсата в пластовом газе при понижении пластово-

го давления, графика суммарного отбора конденсата на этапах разработки месторождения, графика содержания конденсата в газовой фазе пластовой системы. Баланс распределения конденсата пласта Т₁-А был выполнен при пластовом давлении $P_{пл} = 25,90$ МПа и пластовой температуре $T_{пл} = + 59,30$ °С.

Баланс распределения конденсата пласта Т₁-А был выполнен при условии пластового давления равного $P_{пл} = 25,90$ МПа и пластовой температуре $T_{пл} = +59,30$ °С. Ниже представлена графическая зависимость баланса распределения конденсата пласта Т₁-А с учетом пластовой воды в газоконденсатной системе (рис. 4).

Выводы

Таким образом, эксперименты проводились на пробах газоконденсатной системы, отобранных из скважин эксплуатирующих пласт Т₁-А методом контактной и дифференциальной конденсации. Из графической зависимости видно, что давления начала конденсации, при наличии пластовой воды изменило характер кривой «пластовых потерь» и снижения величины КИК.

Библиографический список

1. Грачев С.И., Краснова Е.И., Инякин В.В. и др. Прогнозирование добычи конденсата в рамках контроля за разработкой газоконденсатных залежей // Академический журнал Западной Сибири. 2014. Т. 10. № 6 (55). С. 9-12.
2. Краснова Е.И., Грачев С.И. Результаты исследования фазового поведения углеводородов при наличии пластовой воды в газоконденсатной системе. // Академический журнал Западной Сибири. 2012. № 4. С. 10.
3. Краснова Е.И., Островская Т.Д. Оценка увеличения продуктивности газоконденсатных скважин на поздней стадии разработки месторождений // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. № 6 (49). С. 31.
4. Иноземцева А.А., Инякин В.В., Краснов И.И. и др. Мероприятия по увеличению производительности скважин и ограничению притока пластовых вод. Материалы всероссийской конференции. 2015. С. 90-94.
5. Томская В.Ф., Александрова Е.М., Краснов И.И., Катанова Р.К. Обоснование режимов и условий эксплуатации скважин на Среднеботуобинского месторождении. Научный форум. Сибирь. 2019. Т. 5. № 1. С. 11-12.
6. Левитина Е.Е., Пьянкова Е.М., Лесной А.Н. Определение свойств пласта на основе анализа замеров давления глубинными датчиками // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 3. С. 29-33.

References

1. Grachev S.I., Krasnova E.I., Inyakin V.V. and others. Forecasting of condensate production in the framework of monitoring the development of gas condensate deposits // Academic journal of Western Siberia. 2014. T. 10. No. 6 (55). S. 9-12.
2. Krasnova E.I., Grachev S.I. Results of studying the phase behavior of hydrocarbons in the presence of formation water in the gas condensate system // Academic journal of Western Siberia. 2012. No.4. P. 10.
3. Krasnova E.I., Ostrovskaya ETC. Evaluation of Increased Productivity of Gas Condensate Wells at the Late Stage of Field Development // Academic journal of Western Siberia. 2013. T. 9. No. 6 (49). P. 31.
4. Inozemtseva A.A., Inyakin V.V., Krasnov I.I. etc. Measures to increase the productivity of wells and limit the inflow of formation water. Materials of the All-Russian Conference. 2015. S. 90-94.
5. Tomskaya V.F., Alexandrova E.M., Krasnov I.I., Katanova R.K. Justification of modes and conditions of wells operation at the Srednebotuobinskoye field. Scientific forum. Siberia. 2019. Vol. 5. No. 1. P. 11-12.
6. Levitina E. E., Pyankova E. M., Lesnoi A. N. 2010 Determination of Reservoir Properties on the Basis of Analysis of Pressure Measurements by Deep Sensors // Automatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v neftyanoi promyshlennosti 3 29-33 Scientific forum. Siberia. 2019.Vol. 5. No. 1. P. 11-12.

Поступило в редакцию 29.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.

Об авторах

- Катанова** Розалия Кирилловна, зав. лабораторией, ассистент базовой кафедры «Нефтегазовое дело», МПТИ (ф) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова». Тел. 89141123507.
E-mail: rose941101@mail.ru
- Инякина** Екатерина Ивановна, к.т.н. доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета. Тел. 89220428466.
E-mail: Injakinaei@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

Краснов Иван Игнатьевич, к.т.н., доцент базовой кафедры «Нефтегазовое дело», МПТИ (ф) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».
Тел. 89123968607.
E-mail: iikrasnov17@gmail.com

About the authors

- Katanova** Rozalia Kirillovna, head of laboratory, assistant of the Base Department of Oil and Gas, Mirny Polytechnic Institute (branch) of North-Eastern Federal University.
Tel. 89141123507.
E-mail: rose941101@mail.ru
- Inyakina** Ekaterina Ivanovna, Ph. D., associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University.
Tel. 89220428466.
E-mail: Injakinaei@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
- Krasnov** Ivan Ignatievich, Ph.D., associate professor of the Base Department of Oil and Gas, Mirny Polytechnic Institute (branch) of North-Eastern Federal University.
Tel. 89123968607.
E-mail: iikrasnov17@gmail.com

25.00.17
УДК 622.276

**РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ
И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Мулявин С.Ф.,
Колев Ж.М.,
Мамчистова Е.И.,
Насырова А.И.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
kolevzm@tyuiu.ru
г. Тюмень,
Россия

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ ГАЗА
В ВОДОНОСНОМ
НАКЛОННОМ ПЛАСТЕ**

Введение.

Подземные газохранилища выполняют важную роль при изменении потребления газа. Основными факторами при создании ПХГ является наличие крупных потребителей газа и наличие необходимых пластов-коллекторов. Общий объем газа в ПХГ необходим для покрытия потребности производственных предприятий и социальных запросов как в течение коротких временных периодов (сутки, неделя), так и на более длительную перспективу.

Материалы и методы исследований.

Используя метод численного моделирования работы подземного хранилища газа, появляется возможность обосновывать оптимальные параметры его эксплуатации и контролировать утечки газа из хранилища.

Результаты исследований и их обсуждение.

Математическое моделирование циклической работы ПХГ позволяет по известному давлению в газовой полости рассчитать массу газа в подземном хранилище, и тем самым контролировать утечки газа.

Выводы.

Представленная математическая модель работы линейного подземного хранилища газа в водоносном пласте, ее численная и программная реализация позволяют строить гистерезисные диаграммы (P/Z, M) ПХГ для анализа работы газохранилища, которые удобны для анализа работы хранилища и мониторинга параметров его эксплуатации.

Ключевые слова:

подземное хранение газа, математическое моделирование, численное моделирование, хранение газа в водоносных пластах.

Mulyavin S.F., Kolev J.M., Mamchistova E.I., Nasirova A.I.
Tyumen industrial University, Tyumen, Russia
*kolevzm@tyuiu.ru

Numerical simulation of underground gas storage in an inclined aquifer

Introduction. Underground gas storage plays an important role in changing gas consumption. The main factors in the creation of UGS facilities are the presence of large gas consumers and the availability of the necessary reservoirs. The total volume of gas in UGS facilities is necessary to cover the needs of industrial enterprises and social needs both for short time periods (day, week) and for a longer period.

Materials and methods of the research. Using the method of numerical modeling of the operation of underground gas storage, it becomes possible to substantiate the optimal parameters of its operation and control gas leaks from the storage.

The results of the study and their discussion. Mathematical modeling of the cyclic operation of UGS facilities allows using the known pressure in the gas cavity to calculate the mass of gas in the underground storage, and thereby control gas leaks.

Conclusions. The presented mathematical model of the operation of a linear underground gas storage in an aquifer, its numerical and software implementation makes it possible to construct hysteresis diagrams (P / Z, M) of UGS facilities for analyzing the operation of a gas storage facility, which are convenient for analyzing the operation of a storage facility and monitoring the parameters of its operation.

Key words: underground gas storage, mathematical modeling, numerical modeling, gas storage in aquifers

Введение

На сегодняшний день Единая система газоснабжения (ЕСГ) является стратегическим промышленным объектом Российской Федерации. Данный технологический комплекс состоит из множества элементов, важнейшими из которых являются объекты подземного хранения газа [1-3]. Для эффективного существования всей системы необходима отлаженная работы каждого ее элемента.

Подземное хранилище газа представляет собой систему наземного и подземного промышленного оборудования, работающего в периодическом режиме. Одна из важных задач есть определение парамет-

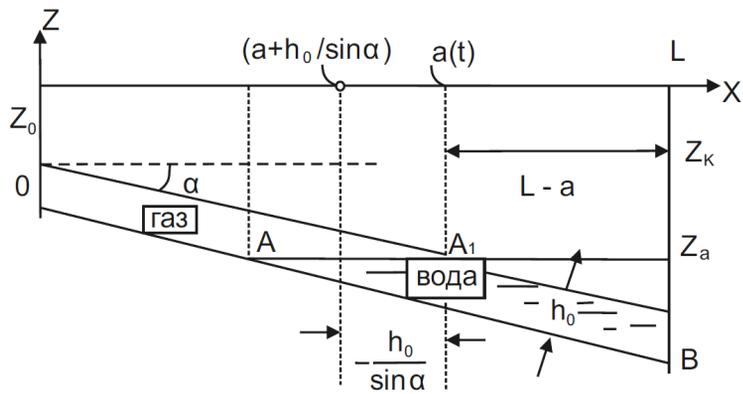


Рис. 1. Схема к решению задачи о циклической работе линейного ПХГ.

Fig. 1. Scheme for solving the problem of cyclic operation of a linear UGS facility.

ров и свойств пласта, динамики и режимов работы оборудования при закачке и отборе газа. На решение данной задачи существенно влияют результаты газодинамических исследований и эксплуатации скважин. Подземные хранилища газа располагаются в районах потребления с высокой плотностью населения и большим объемом производства, зачастую удаленные от месторождений природного газа. Сеть подземных хранилищ газа в отопительный период обеспечивает до 20% поставок газа внутренним потребителям и в поставках на экспорт, а в период сильных похолоданий доля поставок составляет, обычно, до 40%.

Однако в процессе транспорта, закачки и отбора газа, его хранения в пластах-коллекторах безвозвратные потери оцениваются в 8,3%. Это связано с технологическими процессами и условиями хранения газа в пласте-коллекторе.

Материалы и методы исследований

Численное моделирование работы подземного хранилища газа позволяет обосновывать оптимальные параметры его эксплуатации и контролировать утечки газа из хранилища [4, 5]. ПХГ представляет собой тонкий пласт с постоянной толщиной h , наклоненный под углом α к горизонту (рис. 1) [6].

Закачки и отборы газа происходят через галерею скважин таким образом, что линии фильтрационных потоков направлены перпендикулярно галерее. Галерея эксплуатационных скважин находится в сечении пласта ($x = 0$), а разгрузочные скважины в сечении ($x = L$), и на них поддерживается постоянное давление p_k . Граница раздела «газ-во-

да» считается горизонтальной, причем ее положение описывается законом $x = a(t)$.

Давление в газовой полости зависит только от временной координаты, и не изменяется по пространству.

$$p = p(t). \quad (1)$$

Давление в водоносной зоне равно

$$p(x, t) + \rho_B g z(x), \quad (2)$$

и связано со скоростью фильтрации $v(x, t)$ законом Дарси.

$$v = - \frac{k}{\mu_B} \frac{dp}{dx}. \quad (3)$$

где p – давление, Па,
 ρ_B – плотность воды, кг/м³,
 g – ускорение свободного падения, м/с²,
 z – координата по глубине, м,
 k – абсолютная проницаемость пласта, м²,
 μ_B – вязкость воды, Па·с.

Так как вода, как правило, принимается несжимаемой, то ее плотность не зависит от давления. Тогда давление, а, следовательно, и скорость фильтрации будут функциями только от времени

$$\begin{aligned} v(t) &= - \frac{k}{\mu_B} \frac{(p(t) + \rho_B g z_{a(t)}) - (p_K + \rho_B g z_K)}{a(t) - L} \\ &= - \frac{k}{\mu_B} \left(\frac{(p(t) - p_K) - \rho_B g (z_{a(t)} - z_K)}{a(t) - L} \right) = \\ &= - \frac{k}{\mu_B} \left(\frac{(p(t) - p_K)}{a(t) - L} + \rho_B g \cdot tg(\alpha) \right). \end{aligned} \quad (4)$$

По условию Кельвина [6] скорость перемещения ГВК в каждой точке должна равняться нормальной скорости составляющих ее частиц воды.

$$v = m \frac{d}{dt} a(t). \quad (5)$$

где m – коэффициент пористости, д.ед.

Подставляя выражение (5) в формулу (4) получаем

$$m \frac{d}{dt} a(t) = - \frac{k}{\mu_B} \left(\frac{(p(t) - p_K)}{a(t) - L} + \rho_B g \cdot tg(\alpha) \right). \quad (6)$$

Это дифференциальное уравнение, которое решается относительно неизвестной функции $a(t)$, однако в него входит еще одна неизвестная функция давления в газовой области $p(t)$. Ее можно найти, составив уравнение изменения массы в газовой части пласта

$$\frac{d}{dt} M_{\Gamma}(t) = q_{\Gamma}(t) = \frac{d}{dt} (\rho_{\Gamma} V_{\Gamma}). \quad (7)$$

где $M_{\Gamma}(t)$ – масса газа в хранилище в момент времени t , кг,
 q_{Γ} – массовый расход газа, кг/с,
 ρ_{Γ} – плотность газа, кг/м³,
 V_{Γ} – объем газовой полости, м³.

Согласно рисунку 1 объем газовой области равен

$$V_{\Gamma} = \frac{a(t) - h/2 \sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} h \cdot m. \quad (8)$$

где h – мощность пласта, м.

Тогда уравнение изменения массы в газовой части пласта

$$q_{\Gamma}(t) = \frac{d}{dt} M_{\Gamma}(t) = \frac{d}{dt} \left(\rho_{\Gamma} \frac{a(t) - \frac{h}{2 \sin(\alpha)}}{\cos(\alpha)} h \cdot m \right) \quad (9)$$

Чтобы получить функцию давления от времени $p(t)$ выразим его из уравнения состояния

$$p = z \cdot \rho_{\Gamma} \cdot R \cdot T, \quad (10)$$

где R – индивидуальная газовая постоянная, Дж/КгК.
 Выразим плотность газа

$$\rho_{\Gamma} = \frac{p}{z \cdot R \cdot T} \quad (11)$$

и подставим в уравнение (9)

$$q_{\Gamma}(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{p(t)}{z \cdot R \cdot T} \frac{a(t) - h/2\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} h \cdot m \right) \quad (12)$$

$$\frac{q_{\Gamma}(t) \cdot R \cdot T \cdot \cos(\alpha)}{h \cdot m} = \frac{d}{dt} \left(\frac{p(t)}{z} \left(a(t) - \frac{h}{2\sin(\alpha)} \right) \right) \quad (13)$$

При условии, что коэффициент сверхсжимаемости не зависит от давления $z = z_{\text{cp}}$, развернем правую часть по правилу производной произведения

$$\begin{aligned} \frac{q_{\Gamma}(t) \cdot R \cdot T \cdot \cos(\alpha)}{h \cdot m} &= \\ &= \frac{1}{z_{\text{cp}}} \left(\frac{d}{dt} (a(t)) \cdot p(t) + \left(\frac{d}{dt} p(t) \right) \cdot \left(a(t) - \frac{h}{2\sin(\alpha)} \right) \right). \end{aligned} \quad (14)$$

Выразим явно производную давления по времени

$$\frac{d}{dt} p(t) = \frac{\frac{q_{\Gamma}(t) \cdot R \cdot T \cdot \cos(\alpha) z_{\text{cp}}}{h \cdot m} - \frac{d}{dt} (a(t)) \cdot p(t)}{\left(a(t) - \frac{h}{2\sin(\alpha)} \right)}. \quad (15)$$

Это уравнение изменения давления в газовой части во времени. Решая это уравнение совместно с уравнением движения ГВК, получим систему из двух дифференциальных уравнений, интегрируя которую, найдем неизвестные функции $p(t)$ и $a(t)$.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} a(t) = -\frac{k}{\mu_{\text{в}} m} \left(\frac{(p(t) - p_{\text{к}})}{a(t) - L} + \rho_{\text{в}} g \cdot tg(\alpha) \right) \\ \frac{d}{dt} p(t) = \frac{\frac{q_{\Gamma}(t) \cdot R \cdot T \cdot \cos(\alpha) z_{\text{cp}}}{h \cdot m} - \frac{d}{dt} (a(t)) \cdot p(t)}{\left(a(t) - \frac{h}{2\sin(\alpha)} \right)} \end{cases} \quad (16)$$

Для решения системы уравнений необходимо дополнить ее соответствующим количеством начальных условий $p(0) = p_0$, $a(0) = a_0$, которые задают начальное состояние газохранилища.

Результаты исследований и их обсуждение

Пусть необходимо рассчитать перемещение ГВК и колебания давления в газовой полости хранилища, если задано начальное положение ГВК $a(0) = 200$ м, и давление в начальный момент времени $p(0) = 5.7$ МПа. Параметры пласта: $h = 5$ м, $L = 500$ м, $m = 0.3$, $k = 1$ Д, $\alpha = -5.7^\circ$. Давление на контуре питания $p_k = p(L) = 6$ МПа. Массовые расходы $q_r(t)$ газа равны расходам отбора и составляют $\pm 1,5 \times 10^{-3}$ кг/м с (130 кг/м сут); температура T природного газа ($R = 500$ Дж/кг К; $z = 0,8$) в хранилище равна 300 К. Закачку газа сменяет простой хранилища, за простоем следует отбор газа, потом опять простой хранилища, после чего эти режимы повторяются периодически с равными друг другу продолжительностями по 90 суток каждый.

$$\begin{aligned}
 &k := 1 \times 10^{-12} \quad h := 5 \quad L := 500 \quad m := 0.3 \quad \alpha := -5.7 \text{ deg} \quad p_k := 6 \cdot 10^6 \\
 &m := 0.3 \quad g := 9.8 \quad R := 500 \quad z := 0.8 \quad T := 300 \quad \rho_B := 1000 \quad \mu_B := 0.001 \\
 &q_r(t) := \left\{ \begin{array}{l} \text{Period} \leftarrow \text{trunc}\left(\frac{t}{86400 \cdot 90}\right) + 1 \\ q_r \leftarrow (1.5 \cdot 10^{-3}) \quad \text{if } \text{mod}(\text{Period}, 4) = 1 \\ q_r \leftarrow (0) \quad \text{if } \text{mod}(\text{Period}, 4) = 2 \\ q_r \leftarrow -(1.5 \cdot 10^{-3}) \quad \text{if } \text{mod}(\text{Period}, 4) = 3 \\ q_r \leftarrow (0) \quad \text{if } \text{mod}(\text{Period}, 4) = 0 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Рис. 2.

Ввод исходных данных к задаче о линейном ПХГ.

Fig. 2. Input of initial data to the problem of a linear underground storage facility.

Для интегрирования системы дифференциальных уравнений (16) составлена компьютерная программа в среде MathCAD. Ввод исходных данных для расчета в системе СИ представлен на рис. 2.

Функция изменения массы газа в хранилище $q_r(t)$ представляет собой функцию от времени, при $t = 0$, соответствующую девятистодневному периоду закачки принимает положительные значения, затем следует девятистодневный период простоя хранилища за которым следует отбор газа из ПХГ (рис. 3).

Для интегрирования системы дифференциальных уравнений используется алгоритм Рунге-Кутты 4-го порядка [7]. Пример такой программы в системе компьютерной алгебры MathCAD 15 приведен на рисунке 4.

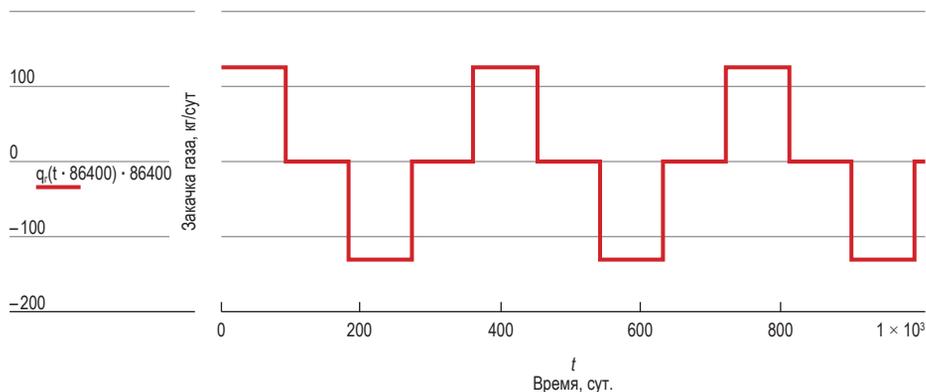


Рис. 3. Функция изменения массы газа в хранилище $q_g(t)$.
Fig. 3. The function of changing the mass of gas in the storage $q_g(t)$.

Given

$$a(0) = 200 \quad p(0) = 5.7 \cdot 10^6$$

$$\frac{d}{dt}a(t) = \frac{-k}{\mu_R \cdot m} \cdot \left(\frac{p(t) - P_K}{a(t) - L} + \rho_B \cdot g \cdot \tan(\alpha) \right)$$

$$\frac{d}{dt}p(t) = - \frac{\frac{d}{dt}a(t) \cdot p(t) - \frac{R \cdot T \cdot z \cdot q_g(t) \cdot \cos(\alpha)}{h \cdot m}}{a(t) + \frac{h}{2 \cdot \sin(\alpha)}}$$

$$\begin{pmatrix} a \\ p \end{pmatrix} := \text{Odesolve} \left[\begin{pmatrix} a \\ p \end{pmatrix}, t, 1000 \cdot 86400 \right]$$

Рис. 4. Блок решения системы дифференциальных уравнений в MathCAD.

Fig. 4 Block for solving a system of differential equations in MathCAD.

Графики на рисунке 5 показывают, в частности, что моменты времени, в которые размеры газовой полости достигают своих максимального и минимального значений, не совпадают с моментами времени, в которые значения давления максимальны и минимальны. Размеры газовой полости максимальны или минимальны тогда, когда давление $p(t)$ в хранилище сравнивается с давлением P_K на контуре его питания. Это происходит дважды за цикл: первый раз при закачке газа, когда давление, возрастая, сравнивается с контурным (точка минимума

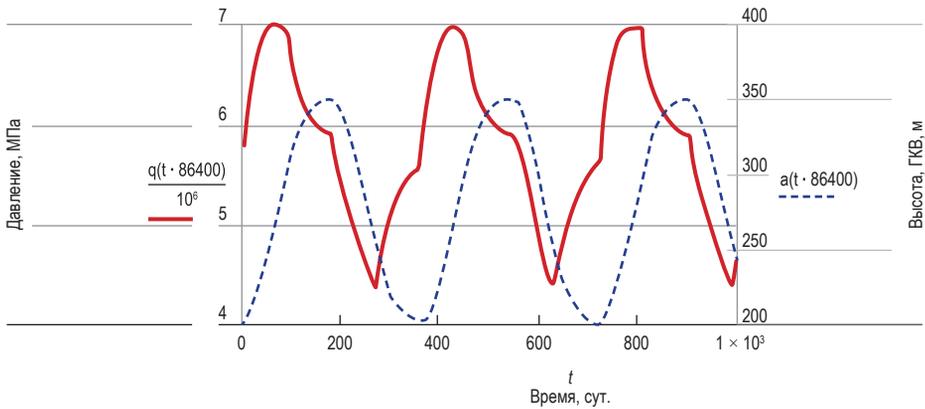


Рис. 5. Вывод решения системы дифференциальных уравнений на график

Fig. 5. Conclusion of the solution of the system of differential equations on the graph

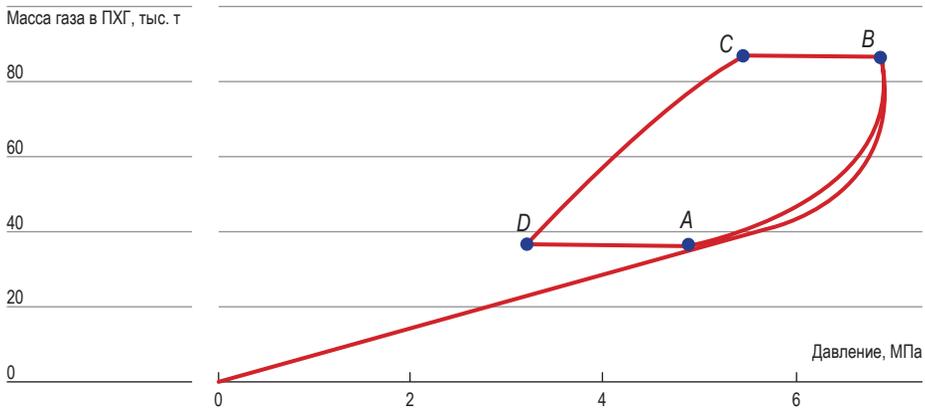


Рис. 6. Гистерезисная диаграмма циклической работы линейного ПХГ.

Fig. 6. Hysteresis diagram of the cyclic operation of a linear UGS facility.

$a(t)$), и второй раз при отборе газа, когда давление, убывая также сравнивается с контурным, точка максимума $a(t)$. Скорость $\frac{dV_T}{dt}$ роста порового объема ПХГ, занятого газом, пропорциональна разности давлений $(P - P_k)$

Математическое моделирование циклической работы ПХГ позволяет по известному давлению в газовой полости рассчитать массу газа в подземном хранилище, тем самым контролировать утечки газа. Зависимость между массой газа в газовой полости хранилища $M(t)$ и

приведенным давлением $p(t)/z$, представленный на рисунке 6, называется гистерезисной диаграммой циклической работы подземного хранилища газа.

Такие диаграммы, называемые также диаграммами в плоскости годографа (P/Z , M), весьма удобны для анализа работы хранилища и мониторинга параметров его эксплуатации.

Выводы

В рассматриваемой задаче с принятым начальным условием равновесия газовой части и пластовой водой рис. 6 (P/Z , M) представляет собой практически замкнутую петлю ABCD, участок AB соответствует закачке газа, CD – отбору. Горизонтальные отрезки BC и DA с неизменной массой газа соответствуют простоям хранилища.

Гистерезисная диаграмма, являясь замкнутой линией в каждом цикле, при равенстве закачки и отбора газа, свидетельствует о том, что ПХГ в течение простоя успевает прийти в состояние равновесия с окружающей средой. Зачастую, время установления такого равновесия значительно больше, чем время простоя хранилища, поэтому отдельно взятая петля гистерезисной диаграммы в общем случае не является замкнутой линией.

Представленная математическая модель работы линейного подземного хранилища газа в водоносном пласте, ее численная и программная реализация позволяют строить гистерезисные диаграммы (P/Z , M) ПХГ для анализа работы газохранилища.

Библиографический список

1. Мулявин С.Ф., Хайдина М.П., Ермолаев А.И., Коротенко В.А., Колев Ж.М., Филлипов А.И., Стешенко И.Г., Баженова О.А. Основы проектирования и эксплуатации подземных хранилищ газа России и ближнего зарубежья. Учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2019. 263 с.
2. Дегтерев А.Ю. Геологическое и комплексное геолого-геофизическое моделирование подземных хранилищ газа в водоносном пласте: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. 24 с.
3. Дегтерев А.Ю. Геологическое и комплексное геолого-геофизическое моделирование подземных хранилищ газа в водоносном пласте: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. 191 с.
4. Рубан Г.Н. Геолого-технологический контроль ПХГ. Учебное пособие. М.: РГУ им. И.М. Губкина, 2016. 207 с.
5. Дудникова Ю.К. Активные методы регулирования создания и эксплуатации подземных хранилищ газа в водоносных пластах. 25.00.17. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2017. 142 с.

6. Лурье М.В., Дидковская А.С., Варчев Д.В. Подземное хранение газа: Учебное пособие для Вузов. М.: Нефть и Газ, 2004. 172с.
7. Колев Ж.М., Колева А.Н., Апасов Г.Т., Апасов Т.К. Математическое моделирование в задачах нефтегазовой отрасли на базе MathCAD 15. Учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2017. 230 с.

References

1. Mulyavin S.F., Khaydina M.P., Yermolayev A.I., Korotenko V.A., Kolev Zh.M., Fillipov A.I., Steshenko I.G., Bazhenova O.A Fundamentals of the design and operation of underground gas storages in Russia and neighboring countries. Tutorial. Tyumen: TIU, 2019.263p
2. Degterev A.Yu. Geological and integrated geological and geophysical modeling of underground gas storages in an aquifer: abstract. dis. ... cand. tech. sciences. Moscow, 2016 24 s.
3. Degterev A.Yu. Geological and integrated geological and geophysical modeling of underground gas storage in an aquifer: dis. ... cand. tech. sciences. Moscow, 2016.191s.
4. Ruban G.N. UGS geological and technological control. Tutorial. M.: Russian State University named after THEM. Gubkina, 2016.207s.
5. Dudnikova Yu.K. Active methods for regulating the creation and operation of underground gas storages in aquifers. 25.00.17. Development and operation of oil and gas fields. Theses for the degree of candidate of technical sciences. Moscow – 2017.142s.
6. Lurie M.V., Didkovskaya A.S., Varchev D.V. Underground Gas Storage: A Study Guide for Universities. M.: Oil and Gas, 2004.172 s.
7. Kolev Zh.M., Koleva A.N., Apasov G.T., Apasov T.K. Mathematical modeling in the problems of the oil and gas industry based on MathCAD 15. Textbook. Tyumen: TIU, 2017. 230 p.

**Поступило в редакцию 29.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.**

Сведения об авторах

Мулявин Семен Федорович, д.т.н., профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета, тел. 89129227504, E-mail: muljavinsf@tyuiu.ru

Колев Жеко Митков, к.т.н., доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета, тел. 89048899499, E-mail: kolevzm@tyuiu.ru

Мамчистова Елена Ивановна, к.т.н. доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета, тел. 89224766703, E-mail: mamchistovaei@tyuiu.ru

Насырова Александра Ивановна, ассистент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Тюменского индустриального университета, тел. 89220438666, E-mail: nasyrovaai@tyuiu.ru

About the authors

- Mulyavin** Semen, doctor of engineering, Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University, tel. 89129227504, E-mail: muljavinsf@tyuiu.ru
- Kolev** Jeko, Ph. D., associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University, tel. 89048899499, E-mail: kolevzm@tyuiu.ru
- Mamchistova** Elena, Ph. D., associate Professor of the Department "Development and operation of oil and gas fields" of Tyumen industrial University, tel. 89224766703, E-mail: mamchistovaei@tyuiu.ru
- Nasirova** Alexandra, teacher of Tyumen industrial University, tel. 89220438666, E-mail: nasyrovaai@tyuiu.ru

25.00.23
УДК 911.3

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ,
ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

Шальнев В.А.,

Северо-Кавказский федеральный университет,
v470524@yandex.ru

Лысенко А.В.

г. Ставрополь, Россия

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАПАДНОМ ПРИЭЛЬБРУСЬЕ

Введение:

Предметом исследования являются климатические условия Западного Приэльбрусья, как одного из ведущих факторов рекреационной деятельности этого уникального региона Северного Кавказа. Уже в настоящее время сюда приезжает более 100 тыс. организованных и неорганизованных отдыхающих в основном в летний сезон. При этом климатические особенности этого региона изучены еще недостаточно. Это связано с дефицитом метеоданных (в регионе функционирует только одна метеостанция) и отсутствием современных рекреационных исследований климата данного региона.

Материалы и методы исследований:

Настоящее исследование проведено на основе авторских полевых микроклиматических данных, имеющейся метеорологической статистики, фондовых материалов и литературных данных. Особое внимание при рекреационной оценке региона уделяется радиационным особенностям климата и сезонным характеристикам метеозлементов.

Результаты исследований и их обсуждение:

Климатические условия региона весьма разнообразны, что определяется его сложной орографией, формирующей сложную систему циркуляции воздуха с эффектом наветренных и подветренных склонов и определяющих особенности термических полей, полей увлажнения, а также изменения других климатических элементов. Другим важным фактором, влияющим на климат региона, является абсолютная и относительная высота над уровнем моря, что существенно влияет на формирование высотных климатических, геоботанических и ландшафтных поясов. Разнообразие и сложность рельефа, значительные колебания высот, своеобразие режима радиационного и теплового балансов в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы определяют большое разнообразие температурных полей, сложное распределение осадков, значительные различия между теплым, вегетационным периодом и холодным и другие важные для туристической деятельности климатические показатели.

Выводы:

Западное Приэльбрусье имеет исключительно разнообразные климатические условия по сравнению с другими высокогорными регионами на северном склоне Большого Кавказа, что связано с его положением на границе более влажного западного и более континентального – центрального секторов. Сочетание уникальных климатических характеристик и их разнообразие делает этот регион одним из наиболее перспективных на Северном Кавказе для развития туризма, для проектирования сбалансированной рекреационной модели функционирования горных территорий.

Ключевые слова:

высокогорные и среднегорные ландшафты, рекреационная деятельность, климатические условия, высотные климатические пояса.

Shalnev V.A., North-Caucasus Federal University,
v470524@yandex.ru
Lysenko A.V. Stavropol, Russia

Climatic conditions of the development of tourist and recreational activities in the Western Elbrus region

- Introduction.** The subject of the research is the climatic conditions of the Western Elbrus region, as one of the leading factors in the recreational activity of this unique region of the North Caucasus. Already at present, more than 100 thousand organized and unorganized vacationers come here, mainly in the summer season. Moreover, the climatic features of this region have not yet been sufficiently studied. This is due to the lack of meteorological data (there is only one meteorological station in the region) and the lack of modern recreational studies of the climate of this region.
- Materials and methods
of the research.** This research was carried out on the basis of the author's field microclimatic data, available meteorological statistics, fund materials and literature data. During the recreational assessment of the region, special attention is paid to the radiation characteristics of the climate and the seasonal characteristics of meteorological elements.
- The results of the study
and their discussion.** The climatic conditions of the region are very diverse, which is determined by its complex orography, which forms a complex system of air circulation with the effect of windward and leeward slopes and determining the features of thermal fields, moisture fields, as well as changes in other climatic elements. Another important factor affecting the climate of the region is the absolute and relative altitude above sea level, which significantly affects the formation of high-altitude climatic, geobotanical and landscape zones. The variety and complexity of the relief, significant fluctuations in altitude, the originality of the regime of radiation and heat balances in combination with seasonal features of atmospheric circulation determine a wide variety of temperature fields, a complex distribution of precipitation, significant differences between the warm, growing season and cold and other climatic indicators important for tourism.
- Conclusions.** The western Elbrus region has extremely diverse climatic conditions in comparison with other high-mountain regions on the northern slope of the Greater Caucasus, which is associated with its position on the border of the more humid western and more continental – central sectors. The combination of unique climatic characteristics and their diversity makes this region one of the most promising in the North Caucasus for the development of tourism, for the design of a balanced recreational model for the functioning of mountain areas.
- Key words:** high-altitude and mid-mountain landscapes, recreational activities, climatic conditions, high-altitude climatic zones.

Введение

Северный склон Большого Кавказа – целостный региональный природный комплекс, сохраняющий уникальное биоразнообразие и ландшафтный потенциал, выполняющий средоформирующие экологические функции для Кавказского региона и всего юга России. Одновременно это единый историко-культурный регион России, культурный ландшафт – формирование которого определялось общностью природной и этнокультурной основы. В настоящее время в

связи с глобальными природными и региональными социально-экономическими изменениями, существуют риски утраты ландшафтно-экологического и этнокультурного потенциала этого региона [1].

Одним из направлений сбалансированного устойчивого развития горных территорий, позволяющим сохранять природное и культурное наследие и формирующим благоприятные условия местных сообществ, является этнокультурный и экологический туризм. В этой связи необходима корректировка стратегии развития туризма на Северном Кавказе. Причем не только для крупных рекреационных центров, но и для территорий сохраняющих традиционный культурные и естественные природные ландшафты, не имеющих развитой туристской инфраструктуры. Эти территории могут стать базовыми для развития щадящего, не массового экологического и этнокультурного туризма, подпитываемых ресурсами крупные туристические центры и, при этом, сохраняющие традиционные местные сообщества [2].

К таким территориям относится Западное Приэльбрусье. Это среднегорные и высокогорные ландшафты юго-западной части Карачаево-Черкесской Республики в истоках реки Кубань, место развития карачаевского этноса, чаще именуемое как Большой Карачай. Этот регион слабо заселен. Здесь находятся первые поселения карачаевцев – аулы Карт-Джурт, Учкулан и Хурзук. В хозяйственной деятельности доминирует животноводство. Перспективы развития региона связывают с развитием рекреационной деятельности, так как природные условия и ландшафтное разнообразие способствуют развитию здесь туристской и туристско-рекреационной деятельности. Уже в настоящее время сюда приезжает более 100 тыс. организованных и неорганизованных отдыхающих в основном в летний сезон. Ведущими природными факторами, влияющими на эти виды рекреационной деятельности, является рельеф и климат. Если первый фактор изучен хорошо и есть много публикаций, то климатические особенности изучены плохо. Публикаций очень мало, так как здесь находится всего одна метеостанция.

Материалы и методы исследований

Западное Приэльбрусье – территория бассейна верховий Кубани, расположенная к востоку от долины реки Теберда и включающая систему высокогорных хребтов Большого Кавказа.

Климатические условия Западного Приэльбрусья весьма разнообразны, что определяется системой хребтов субширотного простираения осевой зоны Большого Кавказа, горных массивов Бокового и Передового хребтов, а также наличием межгорных котловин и депрессий.

Создается сложная система циркуляции воздуха с эффектом наветренных и подветренных склонов, определяющих особенности формирования термических полей и полей увлажнения, а также изменения других климатических элементов.

Другим важным фактором, влияющим на климат Верховий Кубани, является абсолютная и относительная высота над уровнем моря. Относительное превышение вершин горных хребтов над днищами долин составляет 700–1000 м на севере региона, а на юге – 2000–2500 м. Это существенно влияет на формирование высотных климатических, геоботанических и ландшафтных поясов.

Долгое время в описании высокогорных хребтов Б. Кавказа и их названий у исследователей не было однозначного подхода. Первым о Главном Кавказском хребте писал Л.Я. Апостолов [3], который он назвал Главным Передовым хребтом. Расположенный от него к северу хребет не только в Центральном, но и Западном Кавказе В.Н. Робинсон и Н.А. Гвоздецкий стали называть Боковым. Однако позже В.Н. Робинсон этот хребет стал называть Передовым. Ясность в этот спор внесла Н.А. Лебедева [4], а позже Е.Е. Милановский и В.Е. Хаин [5]. Они установили, что Передовой хребет является самостоятельным образованием и находится между Боковым хребтом и Северо-Юрской депрессией. Существуют разночтения авторов и в понимании Бокового хребта. «Остов Большого Кавказа, – пишет И.Н. Сафронов – составляют Главный (Водораздельный) и Передовой хребты» [6, с. 11]. Однозначно он выделялся только в Центральном Кавказе, от Эльбруса на восток к долине Самура. В Западном Кавказе Боковой хребет обычно не выделялся. Дежурной фразой была цитата «Главный Кавказский хребет с северными отрогами». В новой орографической схеме Западного Кавказа, представленной коллективом авторов монографии о Большом Кавказе [7], обосновывается наличие здесь и Бокового хребта.

Главный и Боковой хребты представляют собой крупный горст с системой древних и молодых разломов, которые прослеживаются в виде депрессий, внутригорных котловин и скалистых обрывов, а также вулканических конусов Эльбруса и Казбека.

Водная эрозия, экзарационная и аккумулятивная деятельность древних ледников верхнечетвертичных оледенений преобразовали здесь первичный тектонический рельеф системы Главного и Бокового хребтов. Следы четвертичных оледенений наложены на древние эрозионные формы в виде троговых долин, цирков и каров, отполированных скал, стадияльных и боковых морен, а также озерных четок на днище долин. Такое разнообразие форм рельефа оказывает большое влияние на климатические различия, как по вертикали, так и по горизонтали.

Результаты исследований и их обсуждение:

Климат Верховий Кубани во многом определяется особенностями местоположения, удаленностью от океана и расчлененностью горного рельефа. Положение между 40 и 42 с.ш. объясняет специфику климата, которая формируется на границе предсубтропической зоны предгорий Западного Кавказа [8] и субтропической зоны Черноморского побережья. Здесь господствует западный перенос воздушных масс, когда северо-западные циклоны умеренных широт и юго-западные циклоны субтропиков приносят основные суммы годовых осадков. При антициклональном состоянии погоды на северном склоне Большого Кавказа господствует восточный перенос воздушных масс умеренных широт.

Система хребтов субширотного простирания осевой зоны Большого Кавказа, горных массивов Бокового и Передового хребтов, являющихся водоразделами рек текущих на север, а также наличие межгорных котловин и депрессий создают сложную систему циркуляции воздуха внутри самой горной системы.

Солнечная радиация в горах более интенсивна, чем на равнинных территориях, поэтому частично нивелирует здесь роль широтного фактора. При этом важную роль здесь играет экспозиция и крутизна склонов. Данные, которые были получены для северных склонов Б. Кавказа в летние месяцы года при проведении инструментальных наблюдений в Тебердинском заповеднике (хребет Малая Хатипара), подтверждают эти склоновые закономерности [9, 10]. Наблюдения проводились у верхней границы леса (Луг 3, 2350 м над у.м.). Здесь в соответствии с научной программой Тебердинского заповедника находилась одна из метеобудок высотного профиля хребта Малая Хатипара «луг 3», где самописцы фиксировали данные температурного режима и влажности воздуха в течение пяти лет. Это позволило рассчитать средние дневные и месячные величины радиационного и теплового баланса (табл. 1).

Анализ данных таблицы показал, что лидирует по всем показателям «луг южный». «Луг северный» получает суммарной радиации днем на 33% меньше «луга южного». Несколько меньше различия на лугах западной и восточной экспозиции – 18,2% и 14,7%. Близки к этим различиям и месячные величины. Самые большие различия на «лугу северном», а минимальные – у «луга восточного». По радиационному балансу отмечаются еще большие различия. Северный склон получает меньше южного на 46,6%, западный на 19,6% и восточный на 23,2%. По месячным величинам эти различия также большие – 49,5%, 21,7% и 25,6% соответственно. При этом радиационный баланс восточных склонов в

Таблица 1. ДНЕВНЫЕ И МЕСЯЧНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННОГО И ТЕПЛОВОГО БАЛАНСОВ (август 1968)
Table 1. Daily and monthly values of components of radiation and heat balances (august 1968)

Площадки наблюдения	Q	R _k	E э	R	LE	A	P
Луг южный							
– дневные	777,0	132,2	495,6	146,2	271,0	10,0	214,6
– месячные	16,55	2,74	9,67	4,14	4,95	11,15	3,57
Луг северный							
– дневные	519,5	124,4	130,6	264,5	171,2	3,43	89,8
– месячные	14,09	2,68	3,74	4,88	3,40	0,07	1,41
Луг восточный							
– дневные	662,5	142,4	380,5	139,6	185,6	7,3	187,6
– месячные	14,9	2,99	7,19	3,91	3,5	0,19	3,5
Луг западный							
– дневные	635,4	115,9	401,0	118,5	246,1	5,91	152,9
– месячные	13,59	3,56	7,57	3,56	4,7	0,1	2,80

Примечание: Q – суммарная радиация,
R_k – отраженная радиация,
E э – эффективное излучение,
R – радиационный баланс,
LE – затраты тепла на испарение,
A – поток тепла в почву,
P – турбулентный поток тепла в воздух.
Для Q и R_k приводятся дневные величины, а для остальных – суточные величины в кал/см², месячные величины – ккал/см².

августе месяце (25,6%) на фоне высоких показателей суммарной радиации имеет более низкие величины, чем западный (21,7%).

На прогревание воздуха склоны южной экспозиции получают 214,6 кал/см² сутки и 3,57 ккал/см²/месяц, что составляет больше половины величины теплового баланса (56,7% и 63,0% соответственно). Показатель турбулентного потока тепла в воздух на северном склоне совсем небольшой и равняется 89,9 кал/см²/сутки и 1,43 ккал/см²/месяц. От величины радиационного баланса это составляет 33,9% и 29,3% соответственно. На склоне восточной экспозиции на нагревание воздуха расходуется 49,0% в сутки и 48,7% в месяц, западной экспозиции меньше – 38,1% и 37,6%. Турбулентный поток в почву в горах на высоте 2350м над у.м. небольшой даже на «лугу южном» и составляет

всего 10 ккал/см²/сутки и 0,15 ккал/см²/месяц, что составляет от величины радиационного баланса 2,1% и 0,2% соответственно.

Суточные особенности динамики радиационного и теплового балансов существенно влияют на термический и водный режим почв склонов разной экспозиции. Градиентные различия наиболее ярко проявляются на склоне южной экспозиции. На высоте 2,0 м. температура воздуха в полдень ясного дня августа месяца может подниматься до 14 °С. В приземном слое (0,2 м.) она возрастает до 17,8 °С, а на поверхности деятельного слоя до 20,6 °С. Показатели северного склона более скромные. На высоте 2,0 м. воздух прогревает только до 11,5 °С, а на высоте 0,2 м – до 13,6 °С.

Растительный покров описываемых территорий относится к высокогорным субальпийским лугам зоны пояса экотона верхней границы леса. Территория «луга южного» занята разнотравно-пестрокопровой ассоциацией (74 вида), «луга северного» – разнотравно-злаковой ассоциацией (62 вида), «луга восточного» – злаково-разнотравной ассоциацией (80 видов). Продуктивность здесь зеленой массы в граммах с 1 м² :

«Луг южный» – 570,0 «Луг восточный» – 901,6
«Луг северный» – 631,0 «Луг западный» – 990,8

Экспозиция склонов влияет и на морфологические особенности почв. Все описываемые почвы относятся к субальпийским дерновым горно-луговым. Самая большая мощность почв (85 см) и гумусового горизонта А₁ (20 см.) у «луга южного»). Чуть меньше у «луга восточного» (65,0 см и 5,0 см соответственно). Минимальные показатели оказались у «луга западного» – 45,0 и 6,0 см. На морфологические признаки почв большое влияние оказывает также и количество осадков. Еще в 1939 году И.Г. Размахова, изучавшая почвы Кавказского государственного заповедника, отмечала, что большое количество осадков и высокая влажность воздуха существенно нивелируют влияние экспозиции. В Западном Кавказе количество осадков убывает при движении на восток, поэтому в Верховьях Кубани роль экспозиции возрастает, и эти различия будут контрастнее, чем в Теберде.

Экспозиция склонов, влияя на термический режим воздуха и почв, играет большую роль в формировании биоценозов, их структуры и продуктивности. Для понимания этих закономерностей был использован коэффициент взаимовлияния затрат тепла на продуктивность биоценоза фаций разных экспозиций склонов [9]. Так, для «луга южного» его величина составила 0,8, для северного – 0,6, для восточного – 1,0 и для западного – 1,2. Если величина коэффициента меньше единицы, то фациальный комплекс функционирует устойчиво. Примером

является «луг южный», хорошо обеспеченный теплом ($K_b = 0,8$). Здесь доминируют злаки и границы фации и биоценоза совпадают. На «лугу северном» плохая обеспеченность теплом способствует формированию «холодного» субальпийского луга с наличием представителей альпийки и разнотравья. На «лугу западном» формируется микрокомплексность в биоценозе с наличием видов, которые типичны для пограничных биоценозов. Это опушковые виды березовых криволесий и рододендрона кавказского.

Приведенные примеры подчеркивают огромную роль экспозиции склонов в формировании разнообразия процессов теплооборота в пределах большого количества природных комплексов ранга фации на небольших площадях среднегорных и особенно высокогорных районов изучаемого региона.

Другим важным фактором, влияющим на климат Верховий Кубани, является абсолютная и относительная высота над уровнем моря. Первая изменяется от 900 м над у.м. (Карачаевск) до 4000 м (г. Гвандра, 3984 м) в Главном Кавказском хребте и более 5000 м (Эльбрус, 5642 м) в Боковом хребте. Относительное превышение вершин горных хребтов над днищами долин составляет 700–1000 м на севере региона, а на юге – 2000–2500 м. Это существенно влияет на формирование высотных климатических, геоботанических и ландшафтных поясов.

Для расчета действительных величин составляющих солнечной радиации были использованы многолетние наблюдения метеостанций, которые расположены в основном на границе изучаемого региона и пограничных с ним территорий (табл. 2). Приходная часть радиации связана с суммарной радиацией, расходная – с отраженной радиацией и эффективным излучением [11].

Общая тенденция суммарной радиации связана с ростом ее величин от среднегорий к высокогорьям. Однако с высотой суммарная радиация растет не очень быстро и составляет разницу в 5,5 ккал/см² между данными по метеостанциям Карачаевска и Клухорского перевала. Расходная часть этой радиации высокая и колеблется от 67% (Клухорский перевал) до 74% в Карачаевске. Величины же радиационного баланса имеют тенденцию к снижению. Например, с 33% в Карачаевске и до 26% на Клухорском перевале.

Изучение изменений радиационного и теплового балансов на склонах речных долин и горных хребтов проводились в пределах западного склона хребта Малая Хатипара. Станции наблюдения размещались во всех геоботанических высотных поясах склона: смешанных лесов и лугов (луг 1), хвойных (пихтово-сосновых) лесов (луг 2), субальпийских (луг 3) и альпийских (луг 5) лугов (табл. 3). Эти данные можно интерпретировать на западные районы Верховий Кубани.

Таблица 2. ГОДОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА (ккал/см²)
Table 2. Annual values of the components of the radiation balance (kcal/cm²)

Метеостанции	Высота над у.м.	Q	R _к	E _з	R
Карачаевск	866	124,6	35,8	40,9	48,1
Учкулан	1362	125,8	36,0	37,6	52,5
Теберда	1340	126,2	41,0	36,9	49,3
Клухорский перевал	2037	130,1	46,5	33,0	51,1

Примечание: Q – суммарная радиация (прямая и рассеянная),
R_к – отраженная радиация,
E_з – эффективное излучение,
R – радиационный баланс.

Таблица 3. ГОДОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЦИОННОГО И ТЕПЛООВОГО БАЛАНСОВ ХРЕБТА МАЛАЯ ХАТИПАРА (ккал/см²)
Table 3. Annual values of radiation and heat balances of the Malaya Khatipara ridge (kcal/cm²)

Станции и экспозиция склонов	Высота над у.м. в м	R	Le	P	A
Луг 1	1340	32,8 38,0	23,5	14,3	0,4
Луг 2	2050	32,7 31,1	21,6	10,7	0,4
Луг 3 северная	2380	31,0 31,0	20,8	9,9	0,3
Луг 3 южная	2350	42,67 42,60	27,7	14,7	0,27
Луг 5 восточная	2800	28,0 27,9	19,9	8,5	0,3

Примечание: R – радиационный баланс.
В знаменателе его величина рассчитывалась по формуле Э.М. Шахлинского по многолетним данным, в числителе по данным инструментальных исследований на профиле М. Хатипары.
LE – затраты тепла на испарение,
P – на турбулентный поток в воздух,
A – затраты тепла в почву.

Таблица 4. СРЕДНИЕ МЕСЯЧНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ВЕРХОВИЙ КУБАНИ
Table 4. Average monthly air temperatures in the Upper Kuban

Метеостанции	Высота над у.м.	Месяцы				
		I	II	III	IV	V
Теберда	1340	-3,9	-2,2	1,2	6,2	10,7
		-2,3	-2,0	1,3	6,9	10,7
Учкулан	1362	-4,3	-2,2	1,7	6,7	11,4
Домбай	1620	-6,5	-4,5	-1,4	2,9	8,8
Клухорский перевал	2037	-5,7	-5,5	-2,4	2,3	6,9
		-5,0	-4,6	-1,8	3,0	7,0
Бермамыт	2530	-9,0	-8,9	-6,1	-1,7	2,9
Эльбрус	4250	-19,1	-18,7	-16,0	-11,7	-7,7
Карачаевск	866	-3,5	-2,4	2,3	8,3	13,5

Примечание: В числителе данные Справочника по климату СССР, 1970 г.; в знаменателе данные В.В Браткова и др. за 1960-2004 гг. [12]

Показатели радиационного баланса уменьшаются с высотой. Самые высокие показатели на «Лугу 1». Эта станция располагалась на той же высоте, что и метеостанция Теберды. Близки к ним и данные аула Учкулан ($37,6 \text{ ккал/см}^2$), расположенного в Верховьях Кубани на высоте 1362м над у.м. На «Лугу 2» величина радиационного баланса уменьшается на 17%. Это верхняя граница пихтовых лесов, растущих на склонах хребта северной экспозиции. Радиационный баланс «Луга 3» (северная экспозиция) меньше «Луга 1» лишь на 19%. В то же время величины «Луга 3» на склоне южной экспозиции превышают показатели «Луга 1» на 12%. Граница этого луга фиксирует переход от сосновых редколесий и березовых криволесий к субальпийским лугам. На «Лугу 5» (восточная экспозиция) данные баланса снижаются до $28,0 \text{ ккал/см}^2$ (на 28%), а на склоне южной экспозиции они близки к «Лугу 1» – $35,0 \text{ ккал/см}^2$. Это данные высотного пояса альпийских лугов.

Затраты тепла на испарение на «Лугу 1» значительны и составляют 62% от величины радиационного баланса. С высотой эти показатели снижаются не очень резко. Так, на «Лугу 5» (восточная экспозиция) эта величина составляет $19,9 \text{ ккал/см}^2$ или 18% от «Луга 1». Затраты тепла на прогревание воздуха (Р) составляют на «Лугу 1» – 37% от величины радиационного баланса. С высотой они также снижаются и составляют на «Лугу 5» $8,5 \text{ ккал/см}^2$ или 59% от «Луга 1». Исключени-

								Год
VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
13,4	15,6	15,4	11,5	7,2	2,2	-1,8	6,3	
13,5	16,0	15,4	11,5	7,4	2,9	-0,9	6,7	
13,8	16,1	16,0	12,0	7,5	2,3	-2,4	6,6	
11,3	13,4	13,1	9,1	4,4	0,1	-4,8	3,8	
10,1	12,7	12,9	9,2	5,3	0,8	-3,2	3,6	
10,3	13,2	12,7	9,4	5,3	0,6	-2,5	4,0	
5,7	8,1	8,5	5,3	1,7	-2,5	-6,0	-0,2	
-4,1	-1,4	-1,3	-4,9	-8,5	-12,4	-16,5	-10,2	
16,2	18,6	18,3	14,0	9,0	3,3	-1,4	8,0	

ем является «Луг 3» южной экспозиции, где показатели незначительно превышают данные «Луга 1». Затраты тепла в почву (А) незначительные и не превышают 1% от данных радиационного баланса.

Разнообразие и сложность рельефа, значительные колебания высот, своеобразие режима радиационного и теплового балансов в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы определяют большое разнообразие температурных полей изучаемой территории. В целом для температуры воздуха характерен ее рост с запада на восток и уменьшение с ростом высоты (табл. 4). Так, в Теберде средняя годовая температура составляет 6,3 °С, а в Учкулане уже 6,60 °С. Отрицательные температуры января соответственно -3,90 °С и -4,30 °С, а температура самого теплого месяца (июля) 15,60 °С и 16,10 °С. С высотой средние годовые температуры тоже снижаются. Так, в Домбае температура 3,80 °С, на Клухорском перевале 3,60 °С, а на станции Бермамыт, которая на 500 м выше Клухорского перевала, она уже -0,20 °С. Самые низкие температуры на Эльбрусе (-10,20 °С). Самые холодные месяцы январь (-19,10 °С) и февраль (-18,70 °С), а самый теплый август (-1,30 °С) и июль (-1,40 °С). В долинах рек лишь три месяца (декабрь, январь и февраль) имеют температуры ниже нуля. Самый теплый месяц июль. Исключением являются Клухорский перевал и Бермамыт, где теплее в августе месяце. В то же время за последние 40 лет средняя

годовая температура показывает тенденции роста в Теберде и на Клухорском перевале на 0,40 °С. При этом наиболее высокие показатели дают зимние месяцы. Так в Теберде в декабре они выше на 0,90 °С, а в январе на 1,60 °С.

В летние месяцы эти различия не так заметны. Температура начинает повышаться в марте (на 0,10) и в августе. Разница составляет уже 0,40 С.

Средняя годовая амплитуда температур, как разность между средними годовыми температурами самого теплого и самого холодного месяцев, наиболее благоприятна в Теберде (19,50 °С) и Домбае (19,90 °С), хуже в Учкулане (20,40 °С) и Карачаевске (22,10 °С). Такие амплитуды температур воздуха позволяют по формуле Ценкера считать показатель континентальности климата. Здесь четко видно как с высотой снижается этот показатель:

—	Кисловодск	51,7%; Теберда	45,0%
—	Карачаевск	50,5%; Домбай	46,0%
—	Учкулан	47,0%; Клухорский перевал	43,0%

Небольшие изменения в сторону роста континентальности климата наблюдаются и при движении на восток, от Карачаевска к Учкулану. По этому показателю Верховья Кубани превосходят такой курорт мирового значения как Кисловодск.

В условиях горной территории Верховий Кубани отмечается очень сложное распределение осадков. Здесь их количество уменьшается с запада на восток и увеличивается с высотой до определенного уровня, выше которого происходит их уменьшение. При этом позиционное положение хребтов (наветренные или подветренные) может местами нивелировать роль высотного фактора. В течение года осадки также выпадают не равномерно (табл. 5).

Увеличение количества осадков в процессе «восхождения» воздушных масс четко проявляется перед Передовым хребтом до 800–900 мм, после «дождевой тени» Северо-Юрской депрессии, в которой выпадает 565 мм осадков в а. Хумара и 627 мм в ст. Красногорская. Меньше всего осадков получают внутригорные котловины – Карачаевская 660 мм, Тебердинская 700 мм и Учкуланская – 433 мм С высоты 1550 м начинается незначительный подъем их показателей до высоты 1700 м, а затем резкий подъем сумм осадков (1800–2100 мм) до высоты 2500 м. На Эльбрусе, на высоте 4000 м над у.м. сумма осадков резко уменьшается до 825 мм. Новейшие исследования режима осадков за последние 30 лет показали их рост в Теберде на 10% и на Клухорском перевале на 1,3%.

Отмечаются также значительные различия между теплым, вегетационным периодом и холодным. Так, в Карачаевске, на Клухорском

Таблица 5. КОЛИЧЕСТВО ОСАДКОВ В ХОЛОДНОЕ И ТЕПЛОЕ ВРЕМЯ ГОДА
Table 5. Rainfall in cold and warm seasons

Станция	Высота над у.м., м	Количество осадков, мм		
		Год	XI–III	IV–X
Карачаевск	866	660	93	525
Теберда	1340	698 782	224	474
Клухорский перевал	2037	1775 1798	566	1209
Учкулан	1362	433	86	347
Бермамыт	2530	748	124	624
Эльбрус	4100	825	266	559

Примечание: В числителе по данным справочника 1970; в знаменателе по данным [12].

перевале и Учкулане, в летний сезон осадков выпадает в четыре раза больше, в Теберде и Эльбрусе в два раза, а в районе Бермамыта – почти в пять раз. В горных котловинах в теплый период сумма осадков достигает от 68% (Теберда) до 81% (Учкулан). При этом на зимний сезон здесь приходится всего 19-32% от общей суммы осадков.

В изучаемом регионе осадки выпадают в жидком, твердом и смешанном виде. С увеличением абсолютных высот доля жидких осадков уменьшается и возрастает роль твердых осадков, составляя на высоте 1300 м 22% и 29% на высоте 1600 м. На Эльбрусе практически все осадки выпадают в твердом виде. В котловинах продолжительность осадков составляет 700–900 часов, а в долинах и на хребтах 1000–1200. Средние суточные максимумы достигают 40 мм (Теберда). Исключением является Бермамыт (27 мм), который находится в «тени» Эльбруса. Один раз в сто лет величина осадков может достигать 60 мм (Бермамыт) – 79 мм (Теберда).

Количество осадков характеризуется значительной изменчивостью во времени. Так, в засушливые годы количество осадков может уменьшаться на 26–35%, а в годы с большим количеством осадков расти до 40–50%. Например, в январе 1971 г. на метеостанции Клухорский перевал выпало всего 10 мм, а в октябре 1992 г. – 561 мм. На Клухорском перевале внутригодовой максимум приходится на теплый период, а значительные месячные суммы осадков отмечаются в разные месяцы – январь 455 мм, декабрь 440 мм, апрель 342 мм и др. [13].

Большое участие в формировании речного стока, лавинообразовании и лавинной деятельности, а также функционировании ледников играет снежный покров горных территорий. С учетом высотного фактора выделяются зоны неустойчивого, переменного и постоянного снежного покрова. Первая зона занимает северные участки Верховий Кубани и межгорные котловины с высотами до 1400–1600 м. Верхняя граница второй зоны проходит на уровне климатической снеговой, на высоте 3300–3340 м. Здесь отсутствуют бесснежные зимы и продолжительность сохранения снежного покрова более 120 дней в году. В третьей зоне постоянного снежного покрова снег, накопившийся в зимний сезон, не стает в теплый период и частично сохраняется весь год. Мощность его в понижениях достигает нескольких метров. С крутых склонов снег сходит в виде снежных лавин, а в месте формирования ледников находятся участки фирновых областей [14].

На высоте 2000–2500 м снежный покров появляется в середине октября (Клухорский перевал 13.X, Бермамыт 15.X), а на высоте 3000–4000 м – в конце августа или начале сентября. В годы с ранней зимой он появляется на 1,0–1,5 месяца раньше средних многолетних данных, а в теплые зимы на 1,5–2,0 месяца позже. Устойчивый снежный покров устанавливается на высотах до 1500 м во второй декаде декабря, на высоте 2000–3000 м в первой половине ноября, а до 4000 м – в первой декаде сентября. В горных котловинах (Карачаевск, Учкулан) устойчивый снежный покров не образуется.

Число дней со снежным покровом в Верховьях Кубани на высоте 1000 м достигает 60, на высоте 2000 м уже 190, на высоте 3000 м – 320, а на высоте 3500 м все 365 дней года. На открытых участках, расположенных на перевалах, крутых склонах хребтов и платообразных образованиях отмечается интенсивный снос снега, достигающий до 70–80% от выпавшего снега. В горных котловинах число дней со снежным покровом значительно меньше: в Карачаевске – 59, Теберде – 88 и Учкулане всего 43 [15]. Толщина снежного покрова изменяется как с высотой, так и при движении в восточные районы региона (табл. 6).

Максимальная толщина снега по данным метеостанции Клухорский перевал достигала 364 см, а на «Клухорской тропе» – 407 см. По маршрутным исследованиям, проведенным в многоснежный 1987 год, были получены меньшие величины толщины снежного покрова (табл. 7).

Снежный покров и ледники в теплый сезон года являются важным ресурсом, обеспечивающим сток рек Верховий Кубани. Запас воды от года к году значительно меняется. В многоснежные зимы, повторяемость которых не превышает 4–6%, запас воды в 2–3 раза выше нормы. В малоснежные зимы, повторяемость которых 15–30%, в 3–4 раза меньше. При этом максимальные различия между наибольшими и на-

Таблица 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА (см), ПО ДАННЫМ СНЕГОМЕРНЫХ МАРШРУТОВ [15]
Table 6. The distribution of the thickness of the snow cover (cm.), according to the data of snow-measuring routes [15]

Бассейн реки	Высота (м)				
	1000	1500	2000	2500	3000
Теберда	24	72	166	286	412
Учкулан	3	16	120	234	323
Уллукам	3	5	35	173	275

Таблица 7. МАКСИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ МАРШРУТНЫХ И АВИАЦИОННЫХ СНЕГОМЕРНЫХ СЪЕМОК В МАРТЕ 1987 Г.
Table 7. The maximum thickness of the snow cover according to the data of route and aviation snow surveys in march 1987

Толщина снега, см	Высота пункта наблюдений, м	Дата	Местоположение реки
298	1950	22.111	Домбай-Ульген
280	1900	15.111	Теберда (Гоначхир)
327	1790	21.111	Учкулан (истоки)
187	2320	12.111	Уллукам (истоки)

именьшими запасами воды в снеге отмечаются до высот 1200–1400 м и в межгорных котловинах, а минимальные – в многоснежных районах на высотах более 2000 м над у.м. Так, на высоте 2000 м в Теберде запасы воды в 12 раз превышают запасы отметки высоты 1000 м, а на высоте 3000 м – в 46 раз (табл. 8). В восточных районах Верховий Кубани эти различия менее контрастны.

Важным фактором в перераспределении снежного покрова играют метели. В результате этого происходит формирование снежных лавин метелевого генезиса, мощных лавинных и метелевых снежников. Самое большое количество дней с метелями отмечается на Эльбрусе (140) и Бермамыте (31). На Клухорском перевале всего 9 дней, а в Учкулане – 3 дня. Продолжительность метелей в часах наибольшая в горах на высотах более 2000 м, на вершинах хребтов и перевалах – Бермамыт – 370, Клухорский перевал – 193 и Теберда – 32. Скорость вет-

Таблица 8. СНЕЖНЫЙ МНОГОЛЕТНИЙ ЗАПАС ВОДЫ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ РЕК ВЕРХОВИЙ КУБАНИ (мм)
Table 8. Long-term snow water reserve in the snow cover of the Upper Kuban rivers (mm)

Бассейн реки	Высота, м				
	1000	1500	2000	2500	3000
Теберда	40	130	480	1040	1840
Учкулан	10	35	460	1030	1580
Уллукам	10	20	60	430	1070

ра при метелях чаще всего колеблется в пределах 6–13 м/сек., реже 18–20 м/сек. и более 20 м/сек. единично.

Влажность воздуха. Влажность вместе с температурой воздуха и ветром определяют эффективную среду существования живого организма, в том числе у туристов. Высокая относительная влажность при высоких температурах воздуха ведет к перегреву организма, при низких температурах – к более быстрому переохлаждению. Еще по градации П.Г. Мезерницкого воздух с относительной влажностью до 55% считается сухим, от 56 до 70% умеренно сухим, от 71 до 85% умеренно влажным и более 85% сильно влажным. По этой градации Верховья Кубани до высоты 2000 м можно отнести к территории с умеренно влажным воздухом (табл. 9).

Исключением являются участки Учкуланско-Тебердинско-Архызской депрессии, которая является частью Южно-Юрской депрессии. Здесь относительная влажность ниже 70%. При этом месячные колебания этой влажности в Карачаевске не превышает 2–3% в течение года. В Теберде эти различия в теплое время года возрастают до 6–10%, а в Учкулане – 8–11%.

Для отдыхающих и туристов важным фактором является также облачность, влияющая не только на температуру, но и на продолжительность и интенсивность солнечного сияния. В таблице 10 показаны годовые числа ясных и пасмурных дней, которые не уступают Кисловодску, климатическому курорту с малой облачностью мирового уровня.

В Теберде, как и в Карачаевске и Учкулане, повторяемость пасмурного неба в зимние месяцы меньше, чем в Кисловодске. *Таким образом, устойчивая ясная погода с обилием солнца зимой, наряду с благоприятным термическим режимом, ставит территорию Верховий Кубани на одно из первых мест среди известных климатических курортов Северного Кавказа.*

Таблица 9. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ И ГОДОВАЯ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА (В %)
Table 9. Average monthly and annual relative air humidity (%)

Метеостанции	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Карачаевск	71	73	70	66	70	72	72	71	73	72	70	70	71
Теберда	67	66	66	66	70	74	76	76	76	72	68	68	70
Домбай	82	80	78	76	73	75	76	78	80	79	81	88	78
Учкулан	62	60	60	61	66	69	70	71	71	66	64	64	65

Таблица 10 ЧИСЛО ЯСНЫХ И ПАСМУРНЫХ ДНЕЙ ПО ОБЩЕЙ И НИЖНЕЙ ОБЛАЧНОСТИ (ГОД)
Table 10. Number of clear and cloudy days based on total and low cloudiness (year)

Число дней	Облачность						
	Кисловодск	Карачаевск	Учкулан	Теберда	Архыз	Клухорский перевал	
Ясных	Общая	60		65	61	66	77
	Нижняя	141	151	133	131	142	133
Пасмурных	Общая	117	111	96	108	114	116
	Нижняя	45	36	40	46	50	65

Атмосферное давление воздуха. Оценка атмосферного давления горных территорий и ее роли в изменении функционирования человеческого организма давно привлекала к себе внимание ученых. Еще Хейли и Мефферед в 1958 году писали, что различные параметры в условиях нахождения на больших высотах ближе к идеалу, чем в обычных условиях, что позволяет считать хроническую гипоксию состоянием, способствующим адаптационным изменениям. Было доказано, что порог возбудимости для всех функций нервной системы человека до высоты 1200 м над у.м. остается таким же как и на уровне моря. На высотах от 2000 до 3500 м происходит понижение атмосферного давления, что подобно раздражителю, вызывающему «аварийную реак-

цию» организма. Главная причина этого заключается не только в понижении парциального давления (550–450 мм рт. столба), но и в увеличении интенсивности солнечной радиации, наличии низких температур воздуха, а также ионный состав воздуха. Такой комплекс факторов среды повышает реактивность организма и стимулирует все его регулирующие механизмы. В результате происходит быстрая адаптация организма к недостатку кислорода на высотах до 3500 м.

На высоте более 3500 м над у.м. происходит снижение атмосферного давления ниже 450 мм рт. столба, что вызывает несоответствие скорости адаптации организма к этим условиям. В связи с этим длительная акклиматизация и тренированность организма на таких высотах является обязательным условием для таких видов деятельности как альпинизм и горный туризм, а также горно-стрелковых частей войсковых подразделений.

Территория Верховий Кубани в своей большей части находится ниже 3500 м и характеризуется атмосферным давлением выше критического предела, что делает ее привлекательной для организации многих видов оздоровительной деятельности. Исключением являются отдельные вершины гор – Домбай-Ульген, Даут, Гвандра, Далар, Курша, Большой Кичкиникол и, конечно, Эльбрус. Остальная часть региона характеризуется закаляющим и тренирующим воздействием на здоровый организм. Может иметь и лечебное значение для ряда заболеваний дыхательных путей.

Выводы

1. Разнообразие и сложность рельефа, значительные колебания высот, своеобразие режима радиационного и теплового балансов в сочетании с сезонными особенностями циркуляции атмосферы определяют большое разнообразие температурных полей изучаемой территории. В целом для температуры воздуха характерен ее рост с запада на восток и уменьшение с ростом высоты.
2. Средняя годовая амплитуда температур, как разность между средними годовыми температурами самого теплого и самого холодного месяцев, наиболее благоприятна в Теберде (19,50 °С) и Домбае (19,90 °С), хуже в Учкулане (20,40 °С) и Карачаевске (22,10 °С). Небольшие изменения в сторону роста континентальности климата наблюдаются и при движении на восток, от Карачаевска к Учкулану. По этому показателю Верхо-

- вья Кубани превосходят такой курорт мирового значения как Кисловодск.
3. Отмечаются также значительные различия между теплым, вегетационным периодом и холодным. Так, в Карачаевске, на Клухорском перевале и в Учкулане в летний сезон осадков выпадает в четыре раза больше, в Теберде и Эльбрусе в два раза, а в районе Бермамыта почти в пять раз. В горных котловинах в теплый период сумма осадков достигает 68% (Теберда) – 81% (Учкулан). При этом на зимний сезон здесь приходится всего 19–32% от общей суммы осадков.
 4. Территория Верховий Кубани в своей большей части находится ниже 3500 м и характеризуется атмосферным давлением выше критического предела, что делает ее привлекательной для организации многих видов оздоровительной деятельности. Исключением являются отдельные вершины гор – Домбай-Ульген, Даут, Гвандра, Далар, Курша, Большой Кичкинекол и, конечно, Эльбрус. Остальная часть региона характеризуется закаливающим и тренирующим воздействием на здоровый организм. Может иметь и лечебное значение для ряда заболеваний дыхательных путей.

В заключении нужно отметить, что Западное Приэльбрусье имеет исключительно разнообразные климатические условия по сравнению с другими участками высокогорий на северном склоне Большого Кавказа, что связано с его положением на границе более влажного западного и более континентального-центрального секторов. Сочетание исключительного ландшафтного разнообразия и уникального историко-культурного наследия делает этот регион одним из наиболее перспективных на Северном Кавказе для развития экологического и этнокультурного туризма, для проектирования сбалансированной рекреационной модели функционирования горных территорий.

Библиографический список

1. Котляков В.М., Гуня А.Н., Грачева Р.А. Тенденции развития ландшафтов Северного Кавказа в условиях меняющегося климата и социально-экономических трансформаций // Материалы I Кавказского международного экологического форума. Грозный, 15-16 октября 2013 г. – Грозный: Изд-во ЧГУ, 2013. – С. 192–202.
2. Rodela R., Tucker C., Šmid-Hribar M., Urbanc M., Sigura M., Bogataj N., Gunya A. Intersections of ecosystem services and com-

- mon-pool resources literature: an interdisciplinary encounter // *Environmental Science & Policy*. 2019. Т. 94. – С. 72–81.
3. Апостолов Л.Я. Географический очерк Кубанской области// Сб. материалов для описания местностей и племен Кавказа. – Тифлис, 1897.
 4. Лебедева Н.А. Геоморфология Лабино-Зеленчукского между-речья // *Геология и полезные ископаемые средней части Северного Кавказа*. – М.: Изд-во АН СССР, 1956.
 5. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа. – М.: Изд-во МГУ, 1963.
 6. Сафронов И.Н. Геоморфология Северного Кавказа. – Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1969.
 7. Ефремов Ю.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичев Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А. Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. – Краснодар: Изд-во КубГУ, 2007.
 8. Исаченко А.Г. Ландшафтная структура Земли, расселение, природопользование. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008.
 9. Шальнев В.А. Оценка роли экспозиции склонов в формировании фаций горных стран // *Изв. ВГО*. Т. 103. Вып. 3. – Л.: Изд-во Наука, 1971.
 10. Шальнев В.А., Чикалин А.Н. Радиационный баланс луговых ассоциаций хребта М. Хатипара / *Тр. Тебердинского заповедника*. Вып. 8. – Ставрополь: Ставроп. книжное изд-во, 1972.
 11. Чикалин А.Н. О радиационных особенностях климата верховьев реки Кубани / *Тр. Тебердинского заповедника*. Вып. 8. – Ставрополь: Ставроп. книжное изд-во, 1972.
 12. Братков В.В., Салпагаров Д.С., Мокроусов Д.О. Сезонная динамика ландшафтов Тебердинского заповедника. – М.: Изд-во Илекса; Ставрополь: Изд-во Сервисшкола, 2005.
 13. Лурье П.М., Крохмаль А.Г., Панов В.Д. и др. Карачаево-Черкессия: климатические условия. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2000.
 14. Погорелов А.В. Снежный покров Большого Кавказа. – М.: ИКЦ Академкнига, 2002.
 15. Хрусталева Ю.П., Панова С.В. Снеговые линии Большого Кавказа. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2002.

References

1. Kotlyakov V.M., Gunya A.N., Gracheva R.A. Trends in the development of landscapes of the North Caucasus in a changing climate and socio-economic transformations // *Materials of the I Caucasian International Ecological Forum*. Grozny, October 15–16, 2013. Grozny: Publishing house of ChGU, 2013. S. 192–202.
2. Rodela R., Tucker C., Šmid-Hribar M., Urbanc M., Sigura M., Bogataj N., Gunya A. Intersections of ecosystem services and common-pool resources literature: an interdisciplinary encounter // *Environmental Science & Policy*. 2019. Vol. 94, p. 72–81.
3. Apostolov L. Ya. Geographical sketch of the Kuban region // *Sat.*

- materials for the description of localities and tribes of the Caucasus. – Tiflis, 1897.
4. Lebedeva N.A. Geomorphology of the Labino-Zelenchuk interfluve // Geology and minerals of the middle part of the North Caucasus. – M.: Publishing house of the ANSSSR, 1956.
 5. Milanovsky E.E., Khain V.E. Geological structure of the Caucasus. – M.: Publishing house of Moscow State University, 1963.
 6. Safronov I.N. Geomorphology of the North Caucasus. – Rostov n/a: Publishing house of the Russian State University, 1969.
 7. Efremov Yu.V., Panov VD, Lurie PM, Ilyichev Yu.G., Panova SV, Lutkov DA. Orography, glaciation, climate of the Greater Caucasus: an experience of complex characteristics and interconnections. – Krasnodar: Publishing house of KbGU, 2007.
 8. Isachenko A.G. Landscape structure of the Earth, resettlement, nature management. – SPb.: Publishing house of SPbSU, 2008.
 9. Shalnev V.A. Assessment of the role of slope exposure in the formation of facies of mountainous countries // Izv. VGO. T. 103. Issue 3. – L.: Publishing house Nauka, 1971.
 10. Shalnev V.A., Chikalin A.N. Radiation balance of meadow associations of the M. Khatipara ridge / Tr. Teberda reserve. Issue 8. – Stavropol: Stavrop. book publishing house, 1972.
 11. Chikalin A.N. On the radiation characteristics of the climate in the upper reaches of the Kuban River / Tr. Teberda reserve. Issue 8. – Stavropol: Stavrop. book publishing house, 1972.
 12. Bratkov V.V., Salpagarov D.S., Mokrousov D.O. Seasonal dynamics of landscapes of the Teberda nature reserve. – M.: Publishing house of Ilex; Stavropol: Service School Publishing House, 2005.
 13. Lurie P.M., Krokhmal A.G., Panov V.D. and others. Karachay-Cherkessia: climatic conditions. – Rostov n/a: Publishing house of the Russian State University, 2000.
 14. Pogorelov A.V. Snow cover of the Greater Caucasus. – M.: ICC Akademkniga, 2002.
 15. Khrustalev Yu.P., Panova S.V. Snow lines of the Greater Caucasus. – Rostov n/a: Publishing house of the Russian State University, 2002.

**Поступило в редакцию 30.10.2020,
принята к публикации 01.12.2020**

Сведения об авторах

Шальнев Виктор Александрович – доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры физической географии и кадастров Северо-Кавказского федерального университета.

Телефон: +7(962) 447-05-24,

E-mail: v470524@yandex.ru

Лысенко Алексей Владимирович – доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой физической географии и кадастров Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь, Россия).
Телефон: +7(8652) 39-18-62,
E-mail: lysenkostav@yandex.ru

About the authors

Shalnev Viktor Alexandrovich – doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of physical geography and cadastres of the North Caucasus Federal University.
Phone: +7(962) 447-05-24,
E-mail: v470524@yandex.ru

Lysenko Aleksey Vladimirovich – doctor of geographical Sciences, associate Professor, head of the Department of physical geography and cadastre of the North Caucasus Federal University (Stavropol, Russia).
Phone: +7(8652) 39-18-62,
E-mail: lysenkostav@yandex.ru

25.00.24
УДК 330.15

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Белюсов А. И., Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь,
Россия; belousov04@yandex.ru,
Закалюкина Е. В. helen16092007@yandex.ru

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение: Учитывая все нарастающие тенденции, связанные с ухудшением природной среды приоритеты, заложенные в модель устойчивого развития, смещаются в сторону долгосрочного сохранения биосферы и природного потенциала. Ключевым направлением для реализации данной задачи должны быть процессы, направленные на развитие ресурсосбережения природных активов.

Материалы и методы исследований: Для оценки сопряжения производственных и деградиционных процессов предложено использование коэффициента сопряжения, учитывающего разнонаправленный характер этих процессов. Выявлена и представлена в графическом виде особенность связи производственных процессов с экологическими и ресурсосберегающими параметрами.

Результаты исследований и их обсуждение: Обобщенные результаты исследований показывают, что наиболее справедливым и эффективным для оценки естественного качества природных ресурсов является многоэтапный подход с элементами прогнозной продуктивности *i*-го природного ресурса. Предложенный авторами макет баланса продуктивности позволяет определить изменение уровня продуктивности земель с целью предотвращения деградиционных процессов.

Выводы: Проведенные в работе расчеты с использованием баланса питательных веществ показали дефицит питательных веществ в почвах Ставропольского края. Авторами сделан вывод, что для определения существующего в территориальном образовании типа природопользования целесообразно использовать коэффициент экологической опасности, применяя его с учетом особенностей экологического зонирования.

Ключевые слова: баланс продуктивности земель, деградиционные процессы, природопользование, природная среда, эколого-производственный процесс.

Beloysov A.I., North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
belousov04@yandex.ru,
Zakalyukina H. V. helen16092007@yandex.ru

Integral Assessment of the Regional Environmental Management Effectiveness

Introduction: Considering all the growing trends associated with the deterioration of the natural environment, the priorities, inherent in the sustainable development model, are shifting towards the long-term preservation of the biosphere and natural potential. The key direction for this task implementation should be processes aimed at the development of resource conservation of natural assets.

Materials and methods of the research: To assess the conjugation of production and degradation processes, it is proposed to use the contingency coefficient, which takes into account the multidirectional nature of these processes. The peculiarity of the connection between production processes with environmental and resource-saving parameters has been identified and presented in a graphical form.

The results of the study and their discussion: The generalized research results show that the most accurate and effective for assessing the innate quality of natural resources is a multi-stage approach with elements of the predicted productivity of the *i*-th natural resource. The model of the productivity balance proposed by the authors allows to determine the change in the level of land productivity in order to prevent degradation processes.

Conclusions: The calculations carried out in the research using the balance of nutrients showed a deficiency of nutritional chemicals in the soils of the Stavropol Territory. The authors concluded that to determine the type of nature management existing in a territorial entity, it is advisable to use the coefficient of environmental threat, applying it taking into account the peculiarities of ecological zoning.

Key words: land productivity balance, degradation processes, nature management, natural environment, ecological and production process.

Введение

Концепция устойчивого развития, являющаяся ныне основным направлением общемирового тренда, продолжает активно развивать свои важнейшие, составные части, включая информационные. В числе последних, следует отметить развитие так называемой интегрированной отчетности, включающей в себя не только систему финансовых показателей, но и социальные, производственные развитие человеческого потенциала, а также критерии рационального при-

родопользования. Причем число социальных и природных показателей в интегрированной отчетности почти в два раза превышает число показателей в финансовой отчетности, что свидетельствует об общей переориентации общественного развития в сторону принципов устойчивости.

Потребление природных ресурсов в интересах достижения кратковременного финансово-экономического эффекта должно смениться долгосрочным сохранением биосферы гармонично сочетающей в себе потребности общества и сохранение, а в ряде случаев и преумножение соответствующего природного потенциала.

Решение данной проблемы в рамках эколого-экономической деятельности, на наш взгляд, может быть достигнуто посредством синтеза системы показателей финансовой результативности с совокупностью соответствующих критериев земельных ресурсов, являющихся одним из главных богатств Северо-Кавказского региона и в том числе – Ставропольского края. Методологической основой для решения вышеуказанной задачи является то положение, что в рамках интегрированной отчетности в качестве основной категории выбрано понятие капитала, применительно к которому рассматривается уже не только финансовый и производственный капитал, но и человеческий, социальный и природный со всеми его составными частями. Главным отличием оценки природного капитала, его отдельных характеристик является то, что в отличие от финансового капитала где используются только стоимостные показатели, здесь одновременно используется и большая группа натуральных и условно-натуральных параметров, которые, затем, с различной степенью успешности трансформируются в стоимостные.

Отсутствие физических характеристик природных ресурсов, в том числе и по земельным активам, существенно осложняет описание взаимодействия между окружающей средой и общественным развитием, поскольку часто значимость натуральных показателей оказывается больше, чем стоимостных параметров. Ситуация усложняется еще и тем, что до сих пор не создано общепризнанных схем, описывающих изменения, которые происходят в окружающей среде, а также дающих оценку взаимосвязи с хозяйственной деятельностью и динамики воздействия производственного процесса на природную среду. Только в рамках отдельных регионов можно получить более или менее конкретную и значимую информацию.

Основные сложности с данными о физическом состоянии окружающей среды заключаются в необходимости подготовки огромных массивов информации и неясной оценкой их значимости. Очень сложно получить сжатые характеристики физического состояния использу-

емых природных активов, поскольку задействованы различные единицы измерения, а также из-за нехватки информации об их относительной важности. Существующая пространственная ориентация природоохранных данных также препятствует процедуре обобщения в рамках процессов природопользования, введение их в систему экономических координат, а следовательно, требует разработки и использования комплексных подходов к оценке эффективности эколого-производственных систем [1].

Материалы и методы исследований

Рассматривая классификационные аспекты в рациональном природопользовании, следует отметить определённые отличия между такими категориями как природные ресурсы и природные активы. Последние существенно шире понятия «природные ресурсы», поскольку последние достаточно жестко привязаны к фактической или потенциальной эксплуатации данных ресурсов обществом. Причем, существуют определенная разница между производственными и непроизводственными активами, а среди производственных и непроизводственных активов между основными (реальными) активами и товарно-материальными запасами. С этих позиций земельные ресурсы, недра, некультивируемые биологические ресурсы и вода отнесены к непроизводственным природным активам. С производственной точки зрения деление активов на «производственные» и «непроизводственные» понятны, но с экономической точки зрения — это не столь очевидно. Так, функционирование живой природы, неконтролируемой с хозяйственной точки зрения, может трансформироваться в совокупность производственных природных активов [1].

Хозяйственное потребление природных активов обычно приводит к их истощению (полному или неполному) с изменением или сохранением качественных параметров окружающей среды [1]. При этом аграрное природопользование, являющееся основой всего хозяйственного комплекса региона, имеет ряд специфических особенностей. Если в других областях хозяйствования основным показателем негативного влияния на окружающую среду являются выбросы загрязняющих веществ, а также хранение твердых бытовых отходов, как на полигонах хранения, так и на неорганизованных свалках. В производстве и животноводстве данные явления выражены менее наглядно, исключение, наверное, могут составлять неорганизованные свалки навоза. Результатом такого негативного влияния здесь будет выступать дисбаланс экологических систем, который, конечно, найдет отражение в качественных характеристиках природных ресурсов, которые вовлекаются в хозяйственную деятельность и, в первую очередь, земли. Ука-

занный процесс может быть наглядно изображен в виде криволинейной зависимости с периодами замедления и ускорения, представленными в виде отрезков, при этом исчерпание почвенных ресурсов может привести к активизации деграционных процессов, приводящих к их полному разрушению. Последнее весьма отчетливо наблюдается в местах сверхинтенсивного земледелия, столь распространенного в условиях аренды земель китайскими и корейскими арендаторами. Правда, имеет достаточно широкое распространение, и другой вид сверхинтенсивных аграрных технологий, построенных на использовании схем выращивания сельскохозяйственных культур на основе цепочек питательных веществ без широкого использования материальной субстанции, например выращивание овощей на водно-питательном растворе. В последнем случае на первый план уже выходят, собственно, проблемы экологической безопасности получаемой продукции. В более или менее естественном сельскохозяйственном цикле доля собственно природных факторов (света, тепла, гумуса) обычно превышает 95 процентов в системе значимых факторов выхода аграрной продукции.

Возвращаясь же к традиционным типам природопользования в АПК укажем также на такие типичные деграционные процессы как истощение пастбищных угодий в отгонном животноводстве, когда превышение нормативов плотности содержания животных в расчете на единицу пастбищ приводит к их выбытию из числа сельскохозяйственных угодий. Похожие деграционные процессы наблюдаются и в земледелии, например при нарушении севооборота.

Для количественного описания указанных процессов, с нашей точки зрения целесообразно использовать относительные величины динамики и интенсивности, а также систему дифференциальных уравнений, основанных на теории предельности, поскольку любое приращение эффективности, в том числе в природопользовании с каждым последующим шагом имеет тенденцию к уменьшению. В этом случае нам важно определиться с временным лагом, в рамках которого исчисляются относительные показатели интенсивности. Анализируя уровень деграции сельскохозяйственных ресурсов, можно выделить несколько особенностей данной проблемы: во-первых, зачастую деграционные процессы протекают не обособленно, а в параллели с воспроизводственной деятельностью; во-вторых, воспроизводственная деятельность может выступать неким катализатором и активизировать протекающие деграционные процессы; в-третьих между деграцией и производством не прослеживается жесткой связи и деграционные процессы в этом случае возникают либо как в результате ранее осуществляемой производственно-хозяйственной деятельности, либо возникают в следствие естественно-природных причин.

Для анализа взаимосвязи данных процессов можно воспользоваться коэффициентным методом и, в первую очередь, коэффициентом сопряжения. Также, к показателям производственно-хозяйственной деятельности экономического субъекта можно отнести приращение производства продукции, измеряемое в стоимостном или натуральном выражении, равно как и размер деградации природного ресурса. Но здесь следует принимать во внимание разнонаправленный характер производственной деятельности и деградационных процессов. Приращение выхода продукции показывается со знаком плюс, а вот истощение природного ресурса показывается со знаком минус. Для нейтрализации этих формально-арифметических несоответствий необходимо возведение значений обоих показателей в квадрат:

$$K_{\text{сопр}}^2 = \frac{\Delta Q(q)^2}{\Delta D^2} \quad (1)$$

где $K_{\text{сопр}}^2$ – коэффициент сопряжения;
 $\Delta Q(q)^2$ – приращение выхода продукции в натуральном или стоимостном выражении;
 ΔD^2 – приращение размера деградации природного ресурса.

Для возвращения в исходное состояние, но уже без знаков можно извлечь из данного выражения корень квадратный.

При использовании данного экономического показателя, надо учитывать тот факт, что регрессионные процессы, ухудшение качество природной среды могут иметь различный по своей природе характер. Например, по таким параметрам как концентрация гумуса, относительное содержание углерода, густота овражно-балочной сети, насыщение питательными веществами, содержание в почве легкорастворимых минеральных солей и другим параметрам можно идентифицировать истощение земельных ресурсов.

В схематичном виде сопряженность эколого-производственных процессов можно представить следующим образом (рис. 1).

Чем больше будет угол опережения объёма производства над динамикой деградационных процессов, тем более приемлемым является вариант эколого-экономического развития воспроизводственного процесса. Но, здесь очень важно не допустить истощения i -го природного ресурса до такого предельного уровня, при котором может наступить ситуация, когда разрушительные процессы примут неконтролируемый характер.

Вместе с тем, при анализе данного процесса, надо обязательно принимать во внимание его значимую особенность. Рассматривая ис-

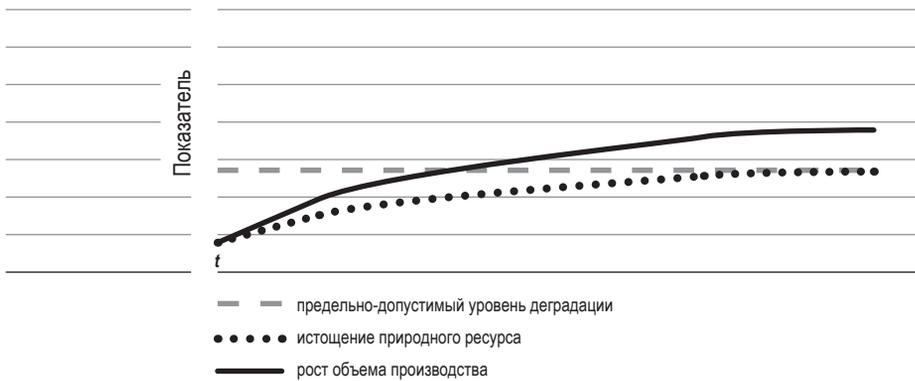


Рис 1.

График сопряженности эколого-производственных процессов.

Fig 1. Contingency graph of ecological production processes.

тощение i -го природного ресурса, можно сравнить его с уменьшением первоначальных запасов, таких как газ, нефть, запасы ирригации. Но следует учесть, что истощение может быть выражено и в ухудшении конкретных качественных характеристик, таких как: содержание питательных веществ в почве, сокращение зеркал водоемов и их загрязнение, регресс структуры лесного фонда в сторону увеличения удельного веса менее ценных пород и др.

В обоих вариантах выбрать определённый набор параметров для оценки степени истощения природных ресурсов в натуральном, а также в условно-натуральном выражении не сложно. Значительно сложнее произвести агрегированную оценку данного явления. В этом случае можно выделить два варианта: расчет обобщенного показателя, основывающегося на ряде частных параметров, посредством инструментов шкалирования, или же использование различных вариантов стоимостной оценки. Стоимостная оценка считается более универсальным и понятным инструментом, позволяющим увеличить интеграционные возможности экологического и экономического аспектов производственного процесса.

Главная проблема здесь заключается в не разработанности и противоречивости большой группы методологических и общетеоретических вопросов в части объективной стоимостной оценки природных активов и ресурсов, что усиливает субъективное отношение в этой части. Однако, есть и определенные трудности в оценке естественных характеристик природных ресурсов, на наш взгляд, более справедливый и надежный результат здесь можно получить, воспользовавшись многоэтапным подходом, базирующимся на применении элементов не только

существующей, но и прогнозируемой продуктивности i -го природного ресурса. Например, если рассматривать почву, то при построении балансов продуктивности конкретного природного ресурса необходимо определять прогнозные уровни продуктивности без дополнительного привлечения таких компонентов как мелиоранты, удобрения, противоэрозийные составляющие и другие.

Также, прогнозы необходимы для того, чтобы определиться с вопросом: «Целесообразны ли инвестиции вообще и могут ли они быть окупаемы в обозримом будущем, а еще лучше в краткосрочно перспективе?» Вместе с тем, восстановление продуктивности земель посредством интенсивного использования ее искусственных стимуляторов может достаточно легко выйти за верхние ограничительные пределы. Также, ограничительными критериями с экологической точки зрения выступает уровень ПДК (предельно допустимой концентрации i -го элемента в почве. С экономической точки, таким пределом является рост платы за загрязнение окружающей природной среды, а также потери за реализацию продукции, не соответствующей экологическим стандартам. Причем величина потерь оказывается выше дополнительного дохода. Такая ситуация может быть смоделирована в различных вариантах, причем аграрной наукой разработано множество программных продуктов уровня продуктивности сельскохозяйственного производства как от естественно-природных факторов, так и от факторов, связанных с использованием искусственных стимуляторов производства.

Результаты исследований и их обсуждение

Крайне сложное, а во многих случаях противоречивое влияние на уровень продуктивности природных ресурсов и их деградационную составляющую оказывают современные финансово-экономические реалии. Платность природных ресурсов лежит в основе пересмотра подходов к развитию производства и, теоретически, процесс производства должен стимулироваться уровнем использования ресурсного потенциала. Это значит, что в основе развития производства должны лежать интенсивные модели природопользования, которые нацелены на высокий результат и должны окупаться в довольно сжатые сроки. Основой перспективных схем развития природопользования должны являться интенсивные технологии, которые могут создаваться на базе традиционных методов хозяйствования с использованием новейших методик, сокращающих нагрузку на природную среду. Для АПК это может быть выражено в росте количественного и качественного использования искусственных стимуляторов увеличения

продуктивности в зависимости от интенсивности использования ресурсов в процессе производства. В этом случае, структура инвестиций в природопользование может изменяться в зависимости от дефицитности первичных природных ресурсов, поэтому вложение капитала в первичное освоение ресурсов уходит на второй план, а актуальность приобретают интенсивные технологии.

Однако, как показывают аналитические исследования существенное изменение уровня технологического воздействия на земельные ресурсы как в сторону увеличения так и в сторону уменьшения (и в этом их отличие от ряда других природных ресурсов, например лесных) не способствует увеличению или снижению продуктивности земель. Сокращение продуктивности земель происходит не одновременно, а становится наглядным по истечении определённого промежутка времени, так называемого временного лага. Так происходит, потому что в земельных ресурсах накапливается инерционный запас, который расходуется не сразу, а с течением времени.

После окончания данного временного лага деградационные процессы могут иметь ускоренный характер и приводить к разрушительным последствиям. Совершенно с другой последовательностью происходит процесс восстановления продуктивности земель. Положительная динамика здесь наблюдается лишь по прошествии определённого времени, а позитивные изменения происходят довольно медленно. Поэтому данный процесс по своей абстрактно-статистической форме зависимость продуктивности от изменений продуктивности от вложенного капитала, характера выращивания сельскохозяйственных культур и т. д. Теоретически сохранение природного ресурса, передаваемого в аренду, можно предусмотреть в системе договорных отношений между арендодателем и арендатором и более того, можно предусмотреть даже улучшение его качественного состояния, однако, такой вариант предполагает четкое соблюдение не только административно-правовых установок, но и экономической составляющей, которая может быть представлена не только мерами финансового и налогового стимулирования, но и создания совокупного положительного рейтинга, как функционирующей бизнес-единицы.

С этой точки зрения возможно построение балансов продуктивности земель как на уровне конкретных предприятий, так и на уровне тех или иных территориальных образований. В схематичном виде эти балансы могут иметь вид, представленный ниже (табл. 1).

Для определения экологической составляющей по данным баланса интерес представляет разница между нормативным и фактическим значениями, а также динамика изменений собственно фактического уровня продуктивности. Возможна ли эксплуатация земельных ре-

ТАБЛИЦА 1. МАКЕТ БАЛАНСА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
ЗА I-ый ПЕРИОДTable 1. Land resources productivity balance layout for the *i*-th period

Культура	Содержание питательных веществ на начало периода								Максимально возможная продуктивность
	Фактически				По норме				
	Гумус	N	P	K	Гумус	N	P	K	
А									
Б									
В									
Г									
Д									

сурсов если фактическая продуктивность ниже нормативных значений и даже если ее фактическое последующее значение ниже начального? На этот вопрос следует дать положительный ответ, и он вытекает из известного противоречия между целями экономического развития и природоохранными задачами. Даже разрушительная по своей сути эксплуатация природных ресурсов имеет, тем не менее, экономический смысл если обеспечивается получение прибыли, рассчитанной в рамках динамической теории финансового учета по схеме доходы – расходы. Причем, даже не обязательно, чтобы эта прибыль была бы равна или близка ее средненормативным или среднеотраслевым значениям. Она может быть приемлема для собственников или акционеров отдельного региона, находящегося, например, в депрессивном территориальном образовании.

Естественно, такой подход противоречит принципам устойчивого развития, предполагающего гармонизацию эколого-экономического развития. Одним из возможных вариантов здесь может быть переориентация итоговой оценки показателей результативности от динамического варианта оценки прибыли к статическому, где прибыль определя-

Вынос питательных веществ при фактическом уровне продуктивности				Содержание питательных веществ на конец периода				Максимально возможная продуктивность на конец периода
Гумус	N	P	K	гумус	N	P	K	

ется через приращение величины имущества (капитала, собственности). В состав же собственности, в условиях рыночного хозяйственного механизма включается не только стоимость движимого и недвижимого имущества, но и природные активы (ресурсы). Причем, чем более значимым представляется их доля в общем объеме собственности, тем более рационально (по крайней мере теоретически) собственник должен относиться к ним. В качестве собственника могут выступать как государственные институты и организации, так и частные юридические лица. Наиболее неблагоприятная ситуация здесь, с нашей точки зрения, складывается при сдаче имущества в аренду и особенно в «субаренду», когда весьма сильно размывается ответственность за сохранность имущества. Примером такого состояния может служить состояние дел в лесозаготовках, рыбном промысле, выращивании овощных культур восточноазиатскими арендаторами и т. д.

Истощение гумуса, являющегося резервом плодородия, теоретически, может быть восстановлено широким использованием органических удобрений, корневых и пожнивных остатков и сидератов. С этих позиций любые природовосстановительные мероприятия в час-

ти земельных ресурсов должны начинаться с выявления резервов органики, которые, к тому же, по степени влияния на продуктивность, не уступают минеральным удобрениям. Однако, на практике, ситуация здесь еще более тяжелая чем при минеральной подкормке. При имеющейся в крае уровне урожайности расход органических веществ в почве колеблется в районе 1,2–1,5 т/га. Дефицит баланса питательных веществ в итоге достигает 0,5–0,7 т/га. Расчеты, проведенные в рамках аграрной экологии края показали, что ежегодная потребность в органических удобрениях оценивается в 12–14 миллионов тонн. Но реальный объем получаемой органики не превышает 5–7 миллионов тонн и такое положение будет сохраняться в ближайшее время. Правда, дополнительным источником восполнения баланса питательных веществ земельных ресурсов могут служить растительные остатки, но их применение зависит от множества факторов биологического и территориально-природного характера, не говоря уже о специфике осуществляемой производственной деятельности.

Для того, чтобы представить эти процессы в формализованном виде, на наш взгляд, целесообразно использовать коэффициенты экологической опасности производственной деятельности.

$$B = K \cdot T, \quad (2)$$

где B – сводный коэффициент экологической опасности производственной деятельности;
 K – коэффициент экологической опасности i -го вида производственно-хозяйственной деятельности;
 T – темпы роста экологической опасности (истощения природных ресурсов).

Наиболее неблагоприятная ситуация будет складываться в том случае, если значения B и T будут больше единицы и здесь мы будем получать своеобразный синергетический эффект, приводящий к разрушительному типу природопользования. В том случае, если указанные параметры ниже единицы, то мы наблюдаем благоприятный тип природопользования.

Проблема взвешивания отдельных факторов здесь решается в рамках административного районирования, где в качестве критериев значимости можно выбирать либо численность населения, либо площади.

Конечно, состояние и качество природной среды в каждом конкретном регионе России должно стать первоочередной природоохранной задачей в рамках эколого-экономической санации отдельных тер-

риториальных единиц. Условную оценку их состояния можно дать после анализа коэффициентов экологической опасности территорий регионов, отдельных административных единиц или экологических зон, которые будут в данном случае выступать в виде поправочных величин, включаемых в довольно распространенную формулу расчета платы за загрязнение окружающей среды. Данные коэффициенты чаще всего имеют обобщенный характер, так как рассчитываются на базе макроэкономической оценки экономики регионов. С этой точки зрения, представляется довольно сложным и трудоемким дезагрегировать данные показатели для получения более точных данных, применимых к конкретным регионам и отраслям. Кроме этого, отсутствует строгая увязка экологического зонирования с административно-территориальным делением.

Действующая в настоящее время научная схема аграрного землепользования в Ставропольском крае, основанная на адаптивно-ландшафтном подходе, также предполагает более детальную дифференциацию территорий. В результате очень сложно перейти на ландшафтно-экологическую систему аграрного производства из-за несовпадения административных границ районов и муниципальных образований с границами ландшафтов и их таксономических единиц. Поэтому существующее ныне зонирование выполнено в увязке с административным делением края, что дает возможность анализировать состояние земельных ресурсов применительно к статистическим данным экономического и социального развития районов.

Если проводить более глубокую дифференциацию в рамках выделенных зон, то возможно применение двух подходов:

- а) эколого-ландшафтного и
- б) агроэкологического.

В первом случае упор делается на использование ландшафтных единиц меньшего масштаба, чем ландшафтов рангов, а главным условием типизации здесь является так называемый принцип ограничивающего фактора, основанного на однотипном наборе ограничивающих показателей.

Еще одним ценным свойством данного методологического подхода считается высокий уровень связи отдельных типов местности тех или иных ландшафтных зон с обобщенным показателем деградации почв, а также с параметрами засоленности, водной эрозией и ветровой дефляцией.

Отличительной чертой второго, агроэкологического подхода является то, что он базируется на оценке хозяйственной ориентации тех или иных территорий в части их возможного использования в отрас-

Таблица 2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОРАЖЕННОСТИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ И ПАШНИ ДЕГРАДАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПО АДМИНИСТРАТИВНЫМ РАЙОНАМ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ (ФРАГМЕНТ) [6]

Table 2. Integral assessment of soil damage to agricultural and arable lands by degradation processes in the administrative districts of the Stavropol Territory (fragment) [6]

Районы	Сельскохозяйственные угодья				Пашня			
	площадь поражения, %	коэффициент синергизма (Кс)	Балл оценки		площадь поражения, %	коэффициент синергизма (Кс)	Балл оценки	
			балл	балл с учетом Кс			балл	балл с учетом Кс
Апанасенковский	95		32		60		18	
Грачевский	96		24		70		15	
Минераловодский	151	1,51	41	61	150	1,50	40	60
Шпаковский	172	1,72	42	73	141	1,41	31	44
Всего по краю	—	—	—	—	—	—	—	—

лях АПК. Посредством использования этих подходов в Ставропольском крае удалось в рамках конкретных районов определить почвенный покров пораженный деградационными процессами, обусловленных их географическими особенностями, степенью интенсивности использования земель, гранулометрическим составом пашни и пастбищ и т. д. Фрагмент такого информационного массива разработанного учеными Ставропольского НИИСХ приведен ниже (табл. 2).

В конечном итоге были выделены контуры почвозащитного землеустройства пашни по каждому району, которые оказались сгруппированы в четыре группы. Но, весьма интересным здесь представляется тот факт, что пастбища оказались в крае более подвержены деградационным процессам чем пашни. Пораженность пастбищ превышает, в ряде случаев, 100 процентов, что обусловлено своеобразным «синерге-

тическим эффектом», когда несколько видов деградиционных процессов накладываются друг на друга. Например, солонцы и солонцеватые почвы имеют высокий уровень засоления, поражены водной эрозией, переувлажнены и т.д.

Но и пашни края имеют высокую степень деградиционного поражения и здесь, на наш взгляд, очень важно выделить за счет каких причинно-следственных связей это произошло и прежде всего какова доля естественных деградиционных факторов и факторов антропогенного характера. В Ставропольском крае, где 72 процента территории находится в полупустынных и сухостепных зонах, а свыше 55 процентов пашни деградировано, вся система земледелия является рискованной. Поэтому, использование любых аграрных технологий базирующихся на интенсивном использовании задействованных природных ресурсов должны оцениваться с очень высокой степенью осторожности. Современное увлечение административных и хозяйственных институтов выращиванием зерновых культур носит весьма противоречивый характер. Рост производства зерна и достижение его уровня в 6,5–9,5 миллионов тонн, улучшает финансовое благополучие аграрного сектора в том числе за счет его экспорта в зарубежные страны, но одновременно разрушается система севооборотов и деформируется структура посевных площадей.

В частности, в Ставропольском крае наблюдается самая высокая площадь зерновых культур в структуре посевных площадей, достигшая 74 процента, в это то время как в Краснодарском крае доля зерновых равна 60 процентов, в Ростовской области 59 процентов, Саратовской 61 процент. В большинстве регионов России до сих пор не ликвидирован дисбаланс в сторону огромного расширения посевных площадей в пользу подсолнечника. Но, даже оптимизация структуры севооборотов не снимает всего комплекса эколого-экономических проблем. И здесь важно отметить еще две, а именно:

- 1) сохранение баланса питательных веществ и
- 2) проблема выращивания качественной аграрной продукции.

Связь между этими двумя проблемами весьма сложная и противоречивая. Если говорить о состоянии питательных веществ в почве, то несмотря на известную тенденцию роста использования удобрений, дефицит питательных веществ остается очень значительный, а вынос питательных элементов с основной и побочной продукцией возделываемых культур может превышать уровень их внесения в несколько раз. Достаточно отметить, что в Ставропольском крае компенсация выноса по азоту составляет лишь 47 процентов, по фос-

фору 86 процентов, по калию 21 процент, в то время как по существующим нормативам компенсация выноса азота должна соответствовать 80–100 процентов, фосфора – 120–125 процента, калия – 40–50 процентов. Такое положение негативно сказывается на качестве аграрной продукции. Рост валового производства, как правило, обостряет проблему получения высококачественной продукции. Если рассматривать зерновые культуры и, в частности, главную культуру края – озимую пшеницу, то возделывание высокопродуктивных сортов, имеющих повышенную потребность в азоте, не покрывается применением азотных удобрений. Если до начала 1990 годов, когда вносилось максимальное количество удобрений до 130 кг действующего вещества на 1 га зерновых, содержание белка и клейковины в зерне было близко к норме при урожайности в 30–32 центнера с 1 га. То резкий рост урожайности до 50–60 центнеров привел к двум негативным последствиям. Одна из них падение содержания белка и клейковины. В зерне клейковина уменьшилась с 25 процентов в 1965–1990 годах до 21 % в последние пять лет, а белок с 15 до 11 процентов [6].

Другое последствие связано с падением содержания гумуса в почве, который является резервным источником питания растений в тех случаях, когда не хватает азота. Несмотря на то, что около 80 процентов производимого зерна в Ставропольском крае – это зерно продовольственное, доля зерна первого, второго и третьего классов резко снижается и существующая система аграрного природопользования уже не в состоянии поддерживать ее на достаточном уровне. Приблизительно такая же ситуация наблюдается и по всей России, поэтому неудивительно, что требования, содержащиеся в государственных стандартах по качеству сельскохозяйственной продукции, периодически пересматриваются в сторону уменьшения.

Выводы

Повышение эффективности природопользования в значительной степени зависит от унификации территориальных и отраслевых подходов к решению проблем природопользования. Зачастую мероприятия в области охраны окружающей среды уже ориентированы на региональный и местный уровень, что в значительной мере присуще крупным городам и относительно самостоятельным территориальным единицам. Выявление наиболее острых экологических проблем в разрезе регионов и их своевременное решение, как раз и позволяет повышать эффективность природопользования. Определение более значимых направлений должно осуществляться с учетом экспертных оценок региональных институтов, непосредственно отвечающих за процессы природопользования реализуемых совместно с об-

щедеральными программами и прогнозами. И только после определения необходимых региональных приоритетов в процессах природопользования, должна осуществляться их увязка к отраслевой специализации, функционирующей в конкретном территориальном образовании, выяснение их источников.

Нельзя недооценивать важность своевременности определения внешних и внутренних причин, которые зачастую влекут за собой особо сложные природоохранные проблемы. Здесь имеется в виду итоговая цена производства продуктов, с учетом экологической составляющей, среди которых преимущественным спросом пользуется продукция отраслей АПК. Следовательно, ключевым направлением природоохранной деятельности является поиск интегрированных моделей оценки территориально-отраслевых особенностей природопользования, которые основываются на теоретических положениях о важности и первичности природных ресурсов и условий, и обязательной оценки их взаимосвязи с производственной деятельностью, следствием которой довольно часто являются негативные последствия для окружающей среды. Классическим примером здесь является невозможность прямого сопоставления благосостояния людей только исходя из величины получаемых доходов. Необходима дополнительная информация об их обеспечении совокупностью естественных природных ресурсов: запасами чистой воды, воздуха, земельными зонами, уровнем шумоизоляции и т. д. Иными словами в настоящее время на первое место выходит интегрированная эколого-экономическая оценка уровня благосостояния, а не финансово-экономическая.

Уровень отрицательного воздействия на окружающую среду может варьироваться в зависимости от особенностей территорий и административных районов, что обуславливает потребность последующего дезагрегирования коэффициента экологической опасности. И в этом случае, при использовании коэффициента экологической опасности следует принимать во внимание особенности экологического зонирования, которые не всегда совпадают с делением территорий по административным районам и могут затрагивать каждый из них полностью или частично. Но, в любом случае используя инструменты дезагрегирования необходимо добиться равенства значений территориальных коэффициентов со значениями коэффициентов по административным районам. Рассмотренный порядок оценки типов природопользования следует рассматривать как первый этап определения эколого-экономического типа природопользования. На следующем этапе необходимо осуществление синтеза территориальных аспектов средозащитной деятельности с отраслевыми, а в дальнейшем и межотраслевыми особенностями функционирования народнохозяйственного комплекса.

Библиографический список

1. Белоусов А.И., Близно Л.В. Эколого-экономический учет и оценка эффективности природопользования / А.И. Белоусов, Л.В. Близно // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. №6 (51). С. 37–41.
2. Бобров А. Л., Папенов К. В., Направления социально-экономического развития России/А. Л. Боборов, К. В. Папенов // Вестник Московского университета. Сер.6. Экономика. 2013. №4. С. 101–118.
3. Бобылев С. Н., Захаров В. М. Экосистемные услуги и экономика. М.: Типография Левко, Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 72 с.
4. Варанкин В. В. Методологические вопросы региональной оценки природных ресурсов. М., 1974. 205 с.
5. Китиева М. И. Необходимость определения экономической ценности природы / М.И. Китиева // Colloquim-journal. 2018. №3-3 (14). с. 19–21.
6. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2013. 520 с.
7. Папенов К. В. Экономика и природопользование (социально-экологический аспект): Монография. М., 2010. 196 с.
8. Рюмина Е. В. Экономическое обеспечение природоохранной деятельности / Е. В. Рюмина // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2010. № 3 (60). с. 58-68.
9. Шелухина Е.А. Анализ эффективности использования земельных ресурсов в овцеводстве в условиях экологизации / Е.А. Шелухина // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 28 (283). С. 30–37.
10. Экономика устойчивого развития: учеб. Пособие // Т. А. Акимова, Ю. Н. Мосейкин. М.: Издательство «Экономика», 2009. 430 с.
11. Экономика природопользования: Учебник / Под ред. К. В. Папенова. М., 2008. 324 с.
12. Белоусов А.И. Экономическая эффективность систем природопользования в региональном АПК / А. И. Белоусов: автореф. дис....докт. экон. наук: 08.00.19 // РГБ – 2020 г. (электронный ресурс) <https://dlib.rsl.ru/viewer/01000237490>.
13. Плаксина А. В. Совершенствование инновационного механизма рационального использования природных (земельных) ресурсов / А.В. Плаксина: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 // РГБ – 2020 г. (электронный ресурс) <https://dlib.rsl.ru/viewer/01004847121>.
14. Kostas Bithas. Sustainability and externalities. Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability? // Ecological Economics / International society for ecological economics. 2011. August. pp. 1703 – 1706.

References

1. Beloysov A.I. Blizno L.V. Economic accounting and evaluation of environmental management efficiency / A. I. Beloysov, L.V. Blizno // Bulletin of the North Caucasus Federal University. 2015. № 6 (51). pp. 37–41.
2. Bobrov A.L., Papenov K.V., Directions of socio-economic development of Russia. Bulletin of Moscow University, ser.6. Economy. Moscow. 2013. №4. Pp. 101–118.
3. Bobylev S. N., Zakharov V. M., Ecosystem services and economics. ООО “Typography LEVKO”, Institute for Sustainable Development/ Center for Environmental Policy of Russia. Moscow, 2009. P. 72.
4. Varankin V.V., Methodological issues of regional assessment of natural resources. Moscow, 1974. p. 205.
5. Kitieva M.I., Necessity of determining the economic value of nature. Colloquium-journal. 2018. № 3-3 (14). pp. 19 – 21.
6. Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I., The new generation farming system of the Stavropol Territory. Monograph, AGRUS of Stavropol State Agrarian University, Stavropol, 2013. p. 520.
7. Papenov K.V., Economics and nature management (socio-ecological aspect). Monograph, Moscow, 2010. p. 196.
8. Ryumina E.V., Economic support of environmental protection. Bulletin of the Russian Humanitarian Science Foundation, Moscow, 2010. No. 3 (60). pp. 58-68.
9. Shelukhina E. A. Analysis of the efficiency of land use in sheep breeding in the context of greening. Economic analysis: theory and practice. 2012. №28 (283). pp. 30–37.
10. Akimova T.A., Moseikin Yu.N., Economics of sustainable development. Tutorial, ZAO Publishing House Economics. Moscow, 2009. P. 430.
11. Papenova K.V., Environmental Economics. Textbook, Moscow, 2008. p. 324.
12. Beloysov A.I. Economic efficiency of environmental management systems in the regional Agribusiness / A.I. Beloysov: autoabstract diss. doctor of economics: 08.00.19 // RGB – 2020 (electronic resource) <https://dlib.rsl.ru/viewer/01000237490>.
13. Plaksina A.V. Improving the innovative mechanism of rational use of natural (land) resources / A.V. Plaksina: autoabstract diss. PhD in economics: 08.00.05 // RGB – 2020 (electronic resource) <https://dlib.rsl.ru/viewer/01004847121>.
14. Kostas Bithas. Sustainability and externalities. Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability? // Ecological Economics / International society for ecological economics. 2011. August. pp. 1703–1706.

Сведения об авторах

- Белусов** Анатолий Иванович, доктор экономических наук, профессор кафедры цифровых бизнес-технологий и систем учета СКФУ, ScopusID: 0000-0002-7058-6698. Тел. 8-905-445-20-59. E-mail: belousov04@yandex.ru.
- Закалюкина** Елена Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры Экономической безопасности и аудита СКФУ, ScopusID: 0000-0003-0497-1456. Тел. 8-9624-595-035. E-mail: helen16092007@yandex.ru.

About authors

- Belousov** Anatoly Ivanovich, Doctor of Economics, Professor of Digital Business Technologies and Accounting Systems Department of North Caucasus Federal University. ScopusID: 0000-0002-7058-6698. Tel. 8-905-445-20-59. E-mail: belousov04@yandex.ru.
- Zakalyukina** Elena Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Economic Security and Audit Department of North Caucasus Federal University. ScopusID: 0000-0003-0497-1456. Tel. 8-9624-595-035. E-mail: helen16092007@yandex.ru.

25.00.24
УДК 911.37

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Кузнецова А.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
г. Ставрополь, Россия
Annakuznetcova94@yandex.ru

ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТУРИСТСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Введение:

в современном мире города стали местом концентрации основной части населения планеты. В этих условиях урбанизированные территории выступают в качестве емких территорий туристской ценности. В связи с этим, актуально изучать урбанизированные территории, как ареалы концентрации туристско-рекреационной деятельности.

Материалы и методы

исследований:

проблемы урбанизации, определения урбанизированных территорий исследуются многими российскими и зарубежными учеными. Большая часть работ посвящена проблемам городов и урбанизированным территориям, агломерациям, как центров и ареалов концентрации населения, производственной и социальной сферы. В туристской сфере основное внимание в научных работах уделено определениям туристских территорий и рекреации, а также рекреационному районированию. Также существуют исследования привлекательности туристской территории, в которых обычно используется социологические и географические подходы.

Результаты исследований

и их обсуждение:

в статье изучены понятия урбанизированных и не урбанизированных территорий в России и в мире, а также рассмотрены их отличия. Помимо этого, даны определения «городская агломерация», «туристские территории», «урбанизированные рекреационные зоны», а также по результату выведено определение «урбанизированных туристских территорий».

Выводы:

урбанизированные туристские территории представляют большой интерес для исследований и на современном этапе исследователи выделяют туристские территории, туристские рекреационные зоны и урбанизированные туристские территории.

Ключевые слова:

города, урбанизация, урбанизированные территории, туристские территории, урбанизированные рекреационные зоны, урбанизированные туристские территории.

Kuznetsova A.A. North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia
Annakuznetcova94@yandex.ru

Approaches to the Study of Urbanized Tourist Areas

Introduction: in the modern world, cities have become a place of concentration of the main part of the world's population. Under these conditions, urbanized territories act as capacious territories of tourist value. In this regard, it is important to study urbanized territories as areas of concentration of tourist and recreational activities.

Materials and methods

of the research: the problems of urbanization and the definition of urbanized territories are studied by many Russian and foreign scientists. Most of the works are devoted to the problems of cities and urbanized territories, agglomerations as centers and areas of population concentration, industrial and social spheres. In the field of tourism, the main attention in scientific works is paid to the definitions of tourist territories and recreation, as well as recreational zoning. There are also studies of the attractiveness of a tourist area, which usually use sociological and geographical approaches.

The results of the study

and their discussion: the article studies the concepts of urbanized and non-urbanized territories in Russia and in the world, as well as their differences. In addition, the definitions of "urbanized agglomeration", "tourist territories", "urbanized recreational zones" are given, and the definition of "urbanized tourist territories" is derived from the result.

Conclusions: urbanized tourist areas are of great interest for research and at the present stage, researchers distinguish tourist areas, tourist recreational areas and urbanized tourist areas.

Key words: cities, urbanization, urbanized territories, tourist territories, urbanized recreational zones, urbanized tourist territories.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире города стали местом концентрации основной части населения планеты. По оценкам ООН, численность городского населения мира в 2018 году достигла 4,2 млрд человек, или 55% от общей численности мирового населения.

В середине XX века городское население мира насчитывало чуть более 750 млн человек, а сельское – почти 1,8 млрд человек, что почти

в 2,5 раза больше. В сельских поселениях проживало около 70% населения мира, в городских поселениях – 30%. Население мира было сельским.

Быстрые темпы урбанизации привели к тому, что в 2007 г. был преодолен исторически важный этап – впервые за всю историю человечества численность городского населения превзошла численность сельского (3363 против 3343 миллионов человек) [12]. На сегодняшний день, темпы роста численности городского населения практически вдвое превышают темпы роста численности населения всей планеты [14].

В этих условиях урбанизированные территории выступают в качестве емких территорий туристской ценности. В связи с этим, актуально изучать урбанизированные территории, как ареалы концентрации туристско-рекреационной деятельности.

Экономическая роль городов постоянно возрастает. Города могут предоставлять собой разнообразный набор услуг, совершенствуя благоустройство и развивая инфраструктуру, усиливая свою туристическую привлекательность, предлагая различные потребительские возможности для разных сегментов рынка.

Потребности населения городов в отдыхе и восстановлении направлены в первую очередь на имеющиеся в регионе природные ресурсы и объекты инфраструктуры. Соответственно, понятие рекреационного потенциала урбанизированных территорий включает в себя совокупность всех средств и возможностей территории (с учетом ресурсов сопредельных территорий) для удовлетворения потребностей населения в восстановлении сил организма и в отдыхе.

В настоящее время наблюдаются многочисленные культурные и социально-экономические проблемы, связанные с быстрым развитием туризма в современных городах. Туризм имеет тенденцию концентрироваться в определенных частях городов (обычно в уникальных исторических районах). Это, помимо уникальности и аутентичности, создает экономические эффекты, потенциально способствуя появлению мест с высокой концентрацией туристов и низким пребыванием местных жителей, предпочитающих другие более тихие и доступные места.

В современных условиях туризм имеет тенденцию усиливать процессы пространственной реорганизации, наблюдаемые в центральных районах многих городов, где бывшие промышленные здания реконструируются под лофты или другие какие-либо творческие пространства, а бывшие работники сменяются новыми креативными специалистами. Этот процесс облагораживания современных городов может быть усилен развитием туризма, как за счет строительства

гостиниц, так и других элементов туристско-рекреационного профиля [13].

Для принятия туристов туристским территориям необходимы качественные услуги (трансфер, размещение и питание с соответствующим уровнем обслуживания), достопримечательности для их привлечения, а также информационные системы – важное средство функционирования региона на туристском рынке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проблемы урбанизации, определения урбанизированных территорий исследуются многими российскими и зарубежными учеными. Большая часть работ посвящена проблемам городов и урбанизированным территориям, агломерациям, как центров и ареалов концентрации населения, производственной и социальной сферы.

Урбанизированные территории – традиционный объект исследования социально-экономической географии, в частности географии населения, географии городов и геоурбанистики. Изучением данных территорий занимались В.В. Владимиров, Г.М. Лаппо, О.А. Константинов и Ф.М. Листенгурт и др. На современном этапе изучение данных территорий представлено различными научными исследованиями и изучается во многих регионах России.

Что касается туризма, то исследования определения туристских территорий и рекреации занимались Н.Ф. Реймерс, Б.М. Биржаков, А.Ю. Александрова, А.С. Кусков, Н.С. Мироненко, В.И. Кружалин и другие. В научной школе профессора В.С. Преображенского занимались рекреационным районированием.

При изучении привлекательности туристской территории обычно используется социологические и географические подходы. При социологическом подходе проводятся исследования, которые включают в себя комплекс методов. Из них ключевыми являются методы социологического опроса целевой аудитории: анкетирование местных жителей и туристов, а также интервью экспертов, которыми являются представители туристских объединений, организаций и компаний, органы государственного управления различного уровня [11].

При географическом подходе, как правило, оценивается туристско-рекреационный потенциал (ТРП) территории и выделяются основные туристско-рекреационные ресурсы. Для оценки ТРП территории проводится исследование туристско-рекреационных потребностей местных жителей и туристов на основе выборочных

социологических исследований и метода интервьюирования. Оценка территории для развития туристско-рекреационной деятельности предполагает изучение потенциала территории исходя из потребностей местных жителей территории и туристов, с использованием системного подхода и определяющей позиции организаторов отдыха, профессиональных экспертов. Далее выделяется объект и субъект оценки, определяются критерии, параметры. Это позволяет получить частные и итоговые оценки ТРП территории, которые в настоящее время выполняются на основе метода классификации [4]. Типологизация туристского пространства становится одним из ключевых методов, позволяющих выявить туристскую привлекательность территорий, что, в конечном счете, обеспечит конкурентоспособность туристских регионов. Следует выделить два основных критерия типологизации туристского пространства. Это, во-первых, туристско-рекреационные цели территории и, во-вторых, цикличность развития туристского пространства [3].

Для определения привлекательности той или иной территории проводится оценка туристско-рекреационного потенциала, а также разного рода социологические опросы, как местных жителей, так и туристов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день нет конкретного определения, как для «урбанизированных территорий», так и для «неурбанизированных территорий». К данным территориям, как правило, относят города или агломерации. Термин «неурбанизированные территории» был введен Организацией экономического сотрудничества и развития в 2000-х гг., а в России данное понятие широко не использовалось вплоть до 2012 года, когда в Красноярске состоялась VIII Всемирная Конференция ОЭСР по развитию неурбанизированных территорий. ОЭСР обозначает неурбанизированными «территории, охватывающие население, землю и другие ресурсы открытого ландшафта и мелких поселений за пределами непосредственных экономических областей влияния крупных городских центров».

В науке и практической градостроительной деятельности единого подхода к определению «урбанизированных территорий» не сложилось [8].

В частности, В.В. Владимиров с соавторами под урбанизированными территориями понимает городские агломерации, групповые сис-

темы населенных мест, прочие системы расселения. Широкое распространение и ускоренное развитие групповых форм расселения ведут к образованию обширных урбанизированных территорий, правильное формирование которых, рациональное сочетание их элементов в городских агломерациях, групповых системах населенных мест, прочих системах расселения имеют большое социальное, эстетическое, гигиеническое, воспитательное и хозяйственное значение, поскольку способствуют гармоничному развитию личности в социалистическом обществе. При этом дифференцированный подход к формированию отдельных культурных геосистем должен сочетаться с пониманием их совокупности как социально-экономической, экологической и эстетической градостроительной категории [2].

Лаппо Г.М., считал, что урбанизированные территории – это участки суши, занятые поселениями городского типа и связанные с ними производственные, транспортные и инженерные сооружения [6].

Опираясь на определение Г.М. Лаппо, Реймерс Н.Ф. дает следующую классификацию урбанизированных территорий:

- по типу планировочной структуры различают центричные, линейные и рассредоточенные урбанизированные территории.
- по территориальным особенностям – компактные, расчлененные и разобщенные.

К внешним и социальным чертам урбанизированных территорий относят многоэтажное строительство, обширная сеть общественного транспорта и каналов связи и их развитие, доля застроенной и замощенной территории должна быть больше, нежели садово-парковое пространство, концентрация стоков и различных загрязнителей, относительное разнообразие социального выбора, болезни урбанизации, связанные с более легким распространением инфекций при большой плотности населения, особенно в многоэтажных зданиях и т.п.

На интенсивность развития данных территорий указывает рост в городах индустрии, развитие культурных и политических функций, углубление территориального разделения труда.

Для урбанизированных территорий характерны приток сельского населения и возрастающее маятниковое движение населения из сельского окружения и ближайших малых городов в крупные города (на работу, по культурно-бытовым вопросам и др.).

Климатические особенности урбанизированных территорий – повышенные средние температуры в центральных районах города (городской остров тепла), уменьшенное испарение, нарушения в ат-

мосферной циркуляции, в том числе, так называемый, городской бриз, большое загрязнение воздуха и уменьшение притока прямой радиации, усиление конвекции и увеличение облачности, а также повторяемости и сумм осадков в теплый период, увеличение повторяемости и интенсивности туманов в холодный период и пр. [7].

Исходя из этого, урбанизированные территории отличаются от неурбанизированных численностью населения и его плотностью, отраслевой и профессиональной структурой общественного производства, характером застройки, инженерной инфраструктурой, характером транспортных передвижений и доступностью социальных и других видов услуг [9].

Таким образом, урбанизированная территория представляет собой городские поселения с высокой плотностью населения и плотной застроенной средой: города или агломерации.

Критерии определения границ урбанизированных территорий по странам мира различаются. В развивающихся странах для выделения урбанизированных территорий, помимо критериев «использование земель» и «плотность застройки», используется дополнительное требование: не менее 75% всех работающих в урбанизированных территориях должны быть заняты вне сельского хозяйства и рыболовства.

В большинстве стран Европы границы урбанизированных территорий определяются не по административным или статистическим территориальным единицам, а на основе фактического землепользования, плотности и непрерывности застройки территории. При этом максимальная протяженность участков незастроенной территории в пределах предполагаемой урбанизированной территории не должна превышать 200 м (в противном случае она не включается в состав урбанизированных территорий). Для уточнения границ урбанизированной территории используются материалы космической фотосъемки.

В США понятие «урбанизированная территория» появилось в 1950 г. по результатам очередной переписи населения страны. Для выделения урбанизированных территорий в системе расселения в настоящее время используется сочетание двух показателей: число жителей населенного пункта более 50 тыс. человек, а также плотность населения на 1 кв. милю 1 тыс. и более человек.

Такая же ситуация и с термином «городская агломерация». Более того, если город имеет свою зафиксированную границу – административную, в рамках которой осуществляется муниципальное управление, или региональную, в случае городов-субъектов, то агломерация четко очерченной границы не имеет и ее фактическое определение – одна из сложнейших задач территориального планирования и управления.

Классическим подходом к определению границы городской агломерации в отечественной социально-экономической географии был подход, основанный на людности города-центра агломерации и методе изохрон, т.е. затрат «времени, необходимого для поездки в центр» [6].

Как уже было сказано ранее, урбанизированные территории отличаются высокой плотностью населения; высокой концентрацией объектов различного назначения:

- жилые, производственные, рекреационные, инфраструктурные и т.д.;
- высокой скоростью процессов обмена информацией и коммуникаций и т.п.;
- разнообразием видов деятельности человека – работа, отдых, общение, образование, общественная деятельность и т.п.

Все указанные процессы и явления осуществляются на ограниченной урбанизированной территории, выплескиваются в агломерацию и привлекают из агломерации участников, информацию и ресурсы.

Наиболее продуктивным, охватывающим процессы функционирования различных сфер урбанизированных территорий следует считать подход, при котором город рассматривается как территориальная социально-эколого-экономическая система (ТСЭЭС), характеризующаяся «системностью, структурированностью, территориальностью, экологичностью и регулируемостью» [9].

Что же касается туристских территорий, то под ними понимается ареал, обладающий комплексом туристских ресурсов; географически определенное место, концентрирующее наиболее ценные туристские ресурсы, а также объекты туристского интереса, выделяемое в составе туристского региона с указанием в кадастрах и иных видах документации и с введением режима приоритетного целевого функционирования и развития туризма в его пределах [1].

Тема урбанизированных туристских территорий еще не изучена. Кроме туристских территорий, рассматриваются урбанизированные туристские территории, урбанизированные рекреационные зоны. В их состав входят города-курорты, города-экскурсионные центры, а также дачные посёлки. Города-курорты и города-экскурсионные центры являются максимально урбанизированными территориями, которые предназначены для удовлетворения рекреационных потребностей. Дачные посёлки отличаются относительно низким уровнем урбанизированности.

На урбанизированной территории субъектом управления процессом рекреации выступают:

- специализированные структуры федерального, регионального и местного уровней;
- общественные объединения, заинтересованные в развитии территории;
- частные предприятия, привлекаемые к выполнению определенных функций.

Исходя из вышесказанного, можно вывести следующее определение урбанизированных туристских территорий:

Урбанизированные туристские территории –

экономически зависимые от туристической отрасли густонаселенные поселения городского типа с высокой плотностью населения, отличающиеся сложной многофункциональной территориальной организацией, высокой скоростью процессов обмена информацией и коммуникации, плотной высотной застройкой и разнообразием видов деятельности человека, где большая или значительная часть всех работающих заняты в туризме, и имеющие на своей территории высокую концентрацию объектов туристского интереса, а также качественные услуги, направленные на восстановление физических и духовных сил человека.

ВЫВОДЫ

Урбанизированные туристские территории представляют большой интерес для исследований. На современном этапе исследователи выделяют:

- туристские территории, которые представляют собой место, концентрирующее наиболее ценные туристские ресурсы, а также объекты туристского интереса,
- туристские рекреационные зоны, представляющие собой города-курорты и города-экскурсионные центры,
- урбанизированные туристские территории – поселения городского типа, в экономике которых туризм занимает одну из ведущих отраслей.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ
СПИСОК:**

1. Биржаков М.Б. Введение в туризм. СПб: Издательский Торговый Дом «Герда», 2000.
2. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт: проблемы, конструктивные задачи и решения. М.: Мысль, 1986.
3. Глушченко В. В. Модели концепции рекреации, ее фундамента и функций, сущность и содержание рекреационного и туристского пространства, курорта, дестинации и кластера // Управление экономическими системами. 2014. № 3. URL: <http://uecs.ru/uecs63-632014/item/2791-2014-03-01-07-30-42> (дата обращения: 01.11.2020).
4. Кружалин В.И., Шабалина Н.В., Аигина Е.В., Новиков В.С. Процессы управления и саморегулирования в туризме. М.: «Диалог культур», 2014.
5. Кружалин В.И., Шабалина Н.В., Тульская Н.И. Научные подходы к формированию рейтингов регионов России по уровню развития индустрии туризма // Туризм: право и экономика. 2011. №4. С. 2–6.
6. Лаппо, Г.М. География городов. М.: Владос, 1997.
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М.:Мысль, 1990.
8. Социально-экономическая география: понятия и термины. URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/nauchd/pubs/stuff_pubs/SLOVAR%202013.pdf (дата обращения: 10.11.2020).
9. Субботина Т. В., Шарыгин М.Д. Территориальные социально-эколого-экономические системы: монография. Пермь, 2011.
10. Хуснутдинова С. Р. Урбанизированные территории как объект стратегического планирования и управления. URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/2-2/603.pdf> (дата обращения: 22.06.2020).
11. Шевелева, Р. Н. Понятие и признаки неурбанизированных территорий // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 696-698. URL: <https://moluch.ru/archive/88/17285/> (дата обращения: 22.06.2020).
12. Щербакowa, Е. Прогноз городского и сельского населения мира // Демоскоп Weekly, Институт демографии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». 2018. № 775-776.
13. João Romão Tourism, Territory and Sustainable Development. Theoretical Foundations and Empirical Applications in Japan and Europe. URL: https://books.google.ru/books?id=xmRaDwAAQBAJ&pg=PA65&lpg=PA65&dq=urban+tourist+territory&source=bl&ots=U3T-8xvN3o&sig=ACfU3U0X1JRJzIQyY1gwntWKY8KbCLiwBw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwiU_9i1hJPqAhVLxKYKHbzZAI0Q6AEwAHoECAgQAQ#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 22.06.2020).
14. World Development Indicators. World Bank, Washington DC, 2013. <http://data.worldbank.org> (дата обращения: 22.06.2020).

REFERENCES:

1. Birzhakov M.B. Vvedenie v turizm. SPb: Izdatel'skij Torgovyj Dom «Gerda», 2000.
2. Vladimirov V.V., Mikulina E.M., YArgina Z.N. Gorod i landshaft: problemy, konstruktivnye zadachi i resheniya. M.: Mysl', 1986.
3. Glushchenko V. V. Modeli koncepcii rekreacii, ee fundamenta i funkcij, sushchnost' i sodержание rekreacionnogo i turist'skogo prost'ranstva, kurorta, destinacii i klastera // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami. 2014. № 3. URL: <http://uecs.ru/uecs63-632014/item/2791-2014-03-01-07-30-42> (data obrashcheniya: 01.11.2020).
4. Kruzhalin V.I., SHabalina N.V., Aigina E.V., Novikov V.S. Processy upravleniya i samoregulirovaniya v turizme. M.: «Dialog kul'tur», 2014.
5. Kruzhalin V.I., SHabalina N.V., Tul'skaya N.I. Nauchnye podhody k formirovaniyu rejtingov regionov Rossii po urovnyu razvitiya industrii turizma // Turizm: pravo i ekonomika. 2011. № 4. S. 2–6.
6. Lappo, G.M. Geografiya gorodov. M.: Vlados, 1997.
7. Rejmers N.F. Prirodopol'zovanie. – M.:Mysl', 1990.
8. Social'no-ekonomicheskaya geografiya: ponyatiya i terminy. URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/nauchd/pubs/stuff_pubs/SLOVAR%202013.pdf (data obrashcheniya: 10.11.2020).
9. Subbotina T. V., SHarygin M.D. Territorial'nye social'no-ekologo-ekonomicheskie sistemy: monografiya. Perm', 2011.
10. Husnutdinova S. R. Urbanizirovannye territorii kak ob'ekt strategicheskogo planirovaniya i upravleniya. URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/2-2/603.pdf> (data obrashcheniya: 22.06.2020).
11. SHEveleva, R. N. Ponyatie i priznaki neurbanizirovannyh territorij // Molodoj uchenyj. 2015. № 8 (88). — S. 696-698. URL: <https://moluch.ru/archive/88/17285/> (data obrashcheniya: 22.06.2020).
12. SHCHerbakova, E. Prognoz gorod'skogo i sel'skogo naseleeniya mira // Demoskop Weekly, Institut demografii Nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta «Vysshaya shkola ekonomiki». 2018. № 775-776.
15. João Romão Tourism, Territory and Sustainable Development. Theoretical Foundations and Empirical Applications in Japan and Europe. URL: https://books.google.ru/books?id=xmRaDwAAQBAJ&pg=PA65&lpg=PA65&dq=urban+tourist+territory&source=bl&ots=U3T-8xvN3o&sig=ACfU3U0X1JRzIqY1gwntWKY8KbCLiwBw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwiU_9i1hJPqAhVLxKYKHbzZAI0Q6AEwAHoECAgQAQ#v=onepage&q&f=false (дата обращения: 22.06.2020).
16. World Development Indicators. World Bank, Washington DC, 2013. <http://data.worldbank.org> (дата обращения: 22.06.2020).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кузнецова Анна Андреевна, аспирант, ассистент кафедры социально-экономической географии и туризма института наук о Земле Северо-Кавказского федерального университета, проспект Кулакова, 16/1, корпус № 16, Ставрополь, Ставропольский край, Россия, 355009.
Тел.: +7-991-112-0018
E-mail: Annakuznetcova94@yandex.ru

About the authors:

Kuznetsova Anna Andreevna, Post-graduate student, Assistant of the Department of Socio-Economic Geography and Tourism of the Institute of Earth Sciences of the North Caucasus Federal University, 16/1 Kulakov Avenue, Building No. 16, Stavropol, Stavropol Territory, Russia, 355009.
Tel.: +7-991-112-0018
E-mail: Annakuznetcova94@yandex.ru

25.00.24
УДК 911.3:61

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ,
ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Tikunov V.S.,
Vatlina T.V.

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
Smolensk State University, Smolensk, Russia

**ENVIRONMENTAL RISKS
AND NON-COMMUNICABLE DISEASES
OF ADOLESCENTS,
SMOLENSK REGION CASE STUDY**

Introduction.

Socio-economic transformations of living conditions of the population of Russia led to a change in the adolescents health indicators. There was an increase in the incidence of diseases determined by environmental quality. This article is analyzed the regional characteristics of the adolescent health status of Smolensk region (western part of Russia), including analysis of the current adolescent health status by incidence rates.

Materials and methods
of the research.

The study is based on age-standardized incidence rates (age-standardized to the 2000 Russian population) among adolescents in Smolensk region between 1999–2016 years. For analysis, we took the indicators of the general incidence of adolescents in the most significant classes of diseases. We analyzed data using two algorithms – typological algorithm and integral ranking calculations.

The results of the study

and their discussion. As a result of mathematical cartographic modeling clusters were obtained that give an objective idea of adolescent health status. Integral ranking calculations determine districts with negative trends in health indicators associated with the environment. The use of multidimensional classifications allows, avoiding subjectivity in assessments, to analyze long-term data.

Conclusions.

The use of multidimensional classifications allows, avoiding subjectivity in assessments, to analyze long-term data. Cartographic visualization based on mathematical modeling makes it possible to effectively interpret the situation, opens up mechanisms for practical application in managerial decision-making in the healthcare sector. The results will be transferred to the Department of Health of the Smolensk region. Negative trends in changes in health indicators of adolescents associated with the state of the environment indicate an increase in environmental risks for the population of the Smolensk region.

Key words:

adolescent health, ecological situation, non-communicable diseases, typological algorithm, ranking.

Тикунов В.С., Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

Ватлина Т.В. Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Россия

Экологические риски и неинфекционные заболевания подростков (на примере Смоленской области)

Введение. Социально-экономические трансформации условий жизни населения России привели к изменению показателей здоровья, в том числе, среди подростков – увеличилось число заболеваний, обусловленных качеством окружающей среды. В статье анализируются региональные характеристики состояния здоровья подростков Смоленской области, в том числе проводится анализ текущего состояния здоровья подростков на основе показателей заболеваемости.

Материалы и методы исследований. Исследование проводилось с использованием стандартизованных по возрасту показателей заболеваемости подростков Смоленской области в период с 1999 по 2016 годы. Для анализа были взяты показатели общей заболеваемости подростков наиболее значимыми классами болезней. Анализ данных осуществлялся с помощью двух алгоритмов – типологического алгоритма и интегрального ранжирования.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате математико-картографического моделирования были получены кластеры, дающие объективное представление о состоянии здоровья подростков. Расчеты интегрального ранжирования позволили выделить районы с негативными тенденциями показателей здоровья, связанных с окружающей средой.

Выводы. Использование многомерных классификаций позволяет, избегая субъективности в оценках, анализировать долгосрочные данные. Картографическая визуализация на основе математического моделирования дает возможность эффективно интерпретировать ситуацию, открывает механизмы для практического применения результатов анализа при принятии управленческих решений в сфере здравоохранения.

Ключевые слова: здоровье подростков, экологическая ситуация, неинфекционные заболевания, типологический алгоритм, рейтинг.

Introduction

According to the World Health Organization (WHO), every fifth inhabitant of the Earth is an adolescent. The WHO defines adolescence is a period of growth and development of a person that occurs after childhood and lasts until adulthood, between 10 and 19 years of age. In the Russian Federation (RF), the end of adolescence is achievement of 18 years (adulthood).

In 2019, there were 14 772 thousand adolescents in RF, which amounted to 10.1 % of the total population of the country [9].

Due to physiological and psychological changes, adolescent health is more susceptible to environmental factors than adult health [3, 14, 16].

Most studies on adolescent health that have been published in recent years focus on mental health issues [5, 7, 8, 32]; problems of adolescent obesity [2, 17, 18]; the problems of tobacco and alcohol use [1, 6, 10, 11, 12, 19, 20, 22, 23, 24, 32]; reproductive health [4, 21, 25, 30].

Socio-economic transformations of living conditions of the population of Russia led to a change in the adolescents health indicators. There was an increase in the incidence of diseases determined by environmental quality [15, 27].

The spatial features of adolescent health in the Smolensk region have not been previously studied. Our study analyzed the regional characteristics of the adolescent health status of the Smolensk region, including:

- analysis of the current adolescent health status according to environmentally-related indicators;
- analysis of territorial differences;
- ranking of the studied territorial units by incidence rates;
- estimated classification with the allocation of clusters uniting homogeneous territorial units (TU).

Materials and methods of the research

The study is based on age-standardized incidence rates among adolescents in Smolensk region between 1999–2016 years. Age-standardized to the 2000 Russian population. Data obtained in the Smolensk Department of Health.

For analysis, we took the age-standardized incidence rates in the most significant classes of diseases according to the International Classification of Diseases 10th Revision [13]:

- Diseases of the respiratory system;
- Diseases of the digestive system;
- Diseases of the skin and subcutaneous tissue;
- Diseases of the musculoskeletal system and connective tissue;
- Diseases of the genitourinary system;
- Endocrine, nutritional and metabolic diseases.

We analyzed data using two algorithms – typological algorithm and Integral indexes' (ranking) calculations.

Typological algorithm

In the applied typological algorithm, elaborated by one of the authors [28], the entire set of parameters for any territorial unit (TU) is denoted by $X = \{x_1, \dots, x_N\}$, where x_i – i -TE, N -amount of TU. The initial TUs are represented in the form of a TU-sign matrix, which reflects the measurement of signs on TU and contains rows and columns:

$$, X = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_N \end{pmatrix} = (x^{(1)}, \dots, x^{(M)}) = \begin{pmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_1^{(j)} & \dots & x_1^{(M)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N-1}^{(1)} & \dots & x_{N-1}^{(j)} & \dots & x_{N-1}^{(M)} \\ x_N^{(1)} & \dots & x_N^{(j)} & \dots & x_N^{(M)} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

where $x_i = (x_i^{(1)}, \dots, x_i^{(M)})$ – i -th TU in M – dimensional space of parameters

$x^{(j)}$ – j -th parameter, $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \dots, x_N^{(j)})$,

$x_i^{(j)}$ – value of j -th parameter of i -th TU,

$$i \in \{1, \dots, N\}, \quad j \in \{1, \dots, M\}.$$

The next stage of the TUs' classification is their pretreatment, including normalization, weighing, and dimensionality reduction. The normalization was carried out according to the variance and mathematical expectation. The purpose of this normalization is to bring each indicator to a standard form (as a result, the mathematical expectation of any indicator becomes equal to zero, and the variance to unity). Let:

$\bar{x}^{(j)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^{(j)}$ – be the assessment of mathematical expectation of j -th parameter, $\text{var}(x^{(j)}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)})^2$ – be the assessment of variance of j -th parameter.

Then the normalization means the recalculation

$$x_i^{(j)} = \frac{x_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)}}{\sqrt{\text{var}(x^{(j)})}} \quad \forall j \in \{1, \dots, M\}, i \in \{1, \dots, N\}, \quad (2)$$

$$\Delta_1 = \bar{x}^{(j)}, \Delta_2 = \sqrt{\text{var}(x^{(j)})}$$

The next step includes the application of the principal component method. This method solves the problem of finding based on the existing system of attributes that describe TU. The method of principal components should be used to correct the original feature space distorted by mutual correlations, reduce the amount of stored data without losing a significant part of information about TU, visualize TU in the feature space (which is achieved, for example, by displaying TU in the form of points on a plane) and revealing hidden indicators, reflecting the essence of the process or phenomenon.

The simplest is the geometric interpretation of the principal component method. In a multidimensional parameters' space, the TUs are considered as points, whose cloud's geometrical arrangement, in the case of the normal distribution, resembles an M-dimensional ellipsoid. The main axes of the imaginary ellipsoid are treated as the new parameters, sorted in the descending order of the TUs' dispersions along the axes.

The most general relation is used to calculate the distance for M quantitative parameters:

$$d_e(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{x=1}^M (x_i^{(x)} - x_j^{(x)})^2} \quad (3)$$

Our classifications aimed to obtain homogeneous TU groups in M-dimensional attribute space, i.e. possible "types" of TU. For this, the largest distance is selected from the obtained Euclidean distances and the two territorial units that it connects become the nuclei of homogeneous clusters. Clusters are formed by the distribution of the remaining territories between the two cores according to the minimum Euclidean distances. In the case of the allocation of a larger number of clusters, to determine the third core and all subsequent ones, each of all remaining territorial units is substituted in the form of a core, and the rest is distributed between the three cores according to the minimum distance. The procedure for determining the 4th core and the formation of a typology with 4 types is similar to that described above, etc. to the maximum possible value specified in advance -similarly to the minimum value. The resulting number of groupings can be analyzed by the absolute and relative heterogeneity coefficients and, thus, we can choose the optimal number of clusters:

$$A_k = \frac{100 \left\{ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2} I_{ik} I_{jk} \right\}}{\sum_{i=1}^{t_{\max}} \left[\sum_{p=1}^P (x_{ip} - x_{jp})^2 \right]^{1/2}}, \quad (4)$$

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

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

$$(5)$$

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

where k – the number of identified groups, p – the number of the orthogonalized coefficients to calculate distances,

t_{min}, t_{max} – the maximal and the minimal number of groups, I_{ik} – indicator (binary), pointing to the presence (1) or absence (0) of TUi in group k .

A sharp increase in A_k or O_k with a decrease in the number of the identifiable clusters indicates the increase in heterogeneity within the identified clusters, while, on the contrary, a smooth increase in the coefficients is a sign of its uniform increase. The threshold followed by a sharp increase in heterogeneity can be optimally taken as the final number of clusters. In our analysis, the isolation of five clusters in all calculations turned out to be optimal [28].

As a result of the classification of TU, five large groups (macro types) were identified for men and for women. At the same time, as in men and women, two macro types can be characterized as extremes – they included a very small number of regions (often only one region). The remaining macro types were too large for detailed analysis. Therefore, for the other three macro types, classification algorithm was repeated, separately for each macro type, to distinguish subtypes.

Integral indexes' (ranking) calculations

Integral indexes' (ranking) calculations were based on algorithm elaborated by one of the authors, too [28]. This algorithm included normalization of the initial parameters using the following formula:

$$\hat{X}_{ij} = \frac{|x_{ij} - \overset{\circ}{x}_j|}{\left| \underset{\text{max/min}}{x_j} - \overset{\circ}{x}_j \right|} \quad i=1, 2, 3, \dots, n; \quad j=1, 2, 3, \dots, m \quad (6)$$

$\overset{\circ}{x}$ – the worst values (for each parameter) among the whole set regarding their impact on adolescent health, ecological situation etc.

$\underset{\text{max/min}}{X}$ – values to the maximal extent different from $\overset{\circ}{x}$ values

n – number of the studied territorial units

m – number of the parameters.

Ranking was done based on comparing all parameters' values attributed to territorial units with conditional $\overset{\circ}{x}$ values. Euclidean distances (d°) were used for the ranking procedure. (d°) is the measure of closeness of all territorial units' values to the worst values of conditional ($\overset{\circ}{x}$) regarding the whole set of parameters.

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\hat{x}_{ij} - \hat{x}_{kj})^2}, i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (7)$$

The algorithm required the preliminary processing of the data array using the method of the Principal Component Analysis in order to orthogonalize and convolute the system of parameters. The received data of column vector d^o presenting assessment characteristics was additionally normalized for convenience using the following formula:

$$\hat{d}_i^o = \frac{d_i^o - \min d^o}{\max d^o - \min d^o}, \quad (8)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

The d^o varies from zero to one. “Zero” – corresponds to the worst integrated assessment and “one” – to the best.

The used algorithm also enabled to detect homogeneous territorial groups in the assessment. This was done via partition of corresponding ranked values of Euclidean distances into homogenous groups.

The procedure of these groups allocation was multivariant and enabled to receiving a spectrum number of homogenous groups of territorial allocation variants. Allocation quality was assessed using canonical correlation coefficients [28] as well as absolute (A_k) and relative (O_k) coefficients of heterogeneity (see typological algorithm).

A sharp increase in the absolute or relative coefficients of heterogeneity with a decrease in the number of the identifiable clusters indicates the increase in heterogeneity within the identified clusters while, on the contrary, a smooth increase in the coefficients is a sign of its uniform increase. The threshold followed by a sharp increase in heterogeneity can be optimally taken as the final number of clusters.

The results of the study and their discussion

As a result of automatic classification for calculations for all types of incidence, a series of TE typology variants was obtained with a different number of groups ranging from 2 to 15. As the final result for each disease type, using special heterogeneity coefficients, the most homogeneous TU groups were selected. This is a classification result with dividing into 5 clusters.

Based on the calculations for each class of diseases, maps were compiled. Legends for these maps are the arithmetic mean values of the inci-

dence over 18 years, calculated within each of the clusters and presented in graphs. Such graphs of the average incidence level the partial fluctuations in the time series and characterize the patterns of variability of the incidence for whole TE groups of the same type. The legends of these maps are the arithmetic mean of the incidence for 18 years (1999–2016 years), calculated within each of the clusters and presented in the form of graphs. Such graphs of the average incidence smooth fluctuations in the time series and characterize the patterns of variability of the incidence for TU groups of the same clusters.

Consider, for example respiratory diseases (Fig. 1). This class of diseases takes the first place in the structure of adolescent incidence.

The barrier role of the skin determines its increased sensitivity to the development of pathological changes in areas with high environmental risks. After the automatic classification procedure, 5 clusters of regions with similar parameters were identified (Fig. 2).

Based on the integral ranking method, territorial patterns in the dynamics of adolescents' incidence were identified. This allows us to study not individual data series, but their groups, which are less prone to random deviations. As a result of the automatic classification of all types of incidence, a series of ranked TE sequences were obtained for 6 classes of adolescent diseases: from unfavorable to the most favorable areas of adolescent incidence.

Based on these data, a series of maps was created that reflects the spatial distribution of health characteristics over an 18-year period, as well as an integrated map that visualizes the results of calculations for a complex of incidence indicators (Fig. 3).

Our findings confirm the results of prior studies that indicate a relationship between respiratory diseases and high concentrations of pollutants in the air [14, 15, 26]. The characteristics of the selected 5 clusters indicate this.

The first cluster with a favorable situation in the incidence of respiratory diseases among adolescents is represented only by the Krasninsky district, characterized by weak growth and the lowest average incidence rate – 69 999 per 100 000 population.

The second cluster with a more tense situation includes the Monastyrshchinsky and Gagarinsky districts. These TU have a significant increase in the incidence rate for the period under review (3-fold increase), the incidence rate reached its maximum in 2015 and amounted to 155 000 per 100 000 population.

Demidovsky, Dukhovshchinsky, Yelninsky, Novoduginsky, Safonovsky, Smolensky, Ugransky districts are combined in the third cluster characterized by a small amplitude of incidence rates over an 18-year period. The average incidence was 99 969 per 100 000 population.

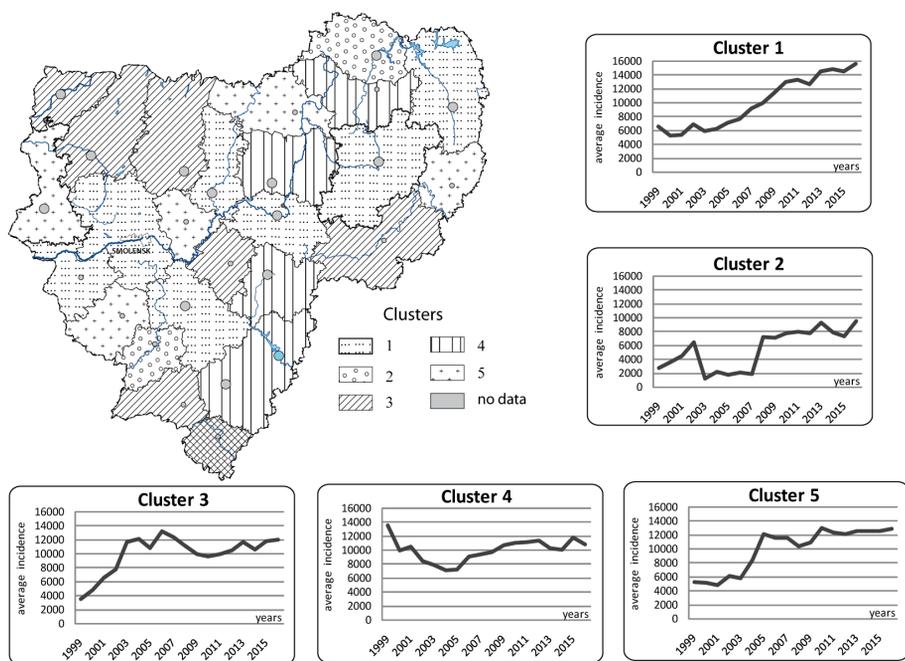


Fig. 1. Respiratory diseases among adolescents (typological algorithm).
 Рис. 1. Заболевания органов дыхания у подростков (типологический алгоритм).

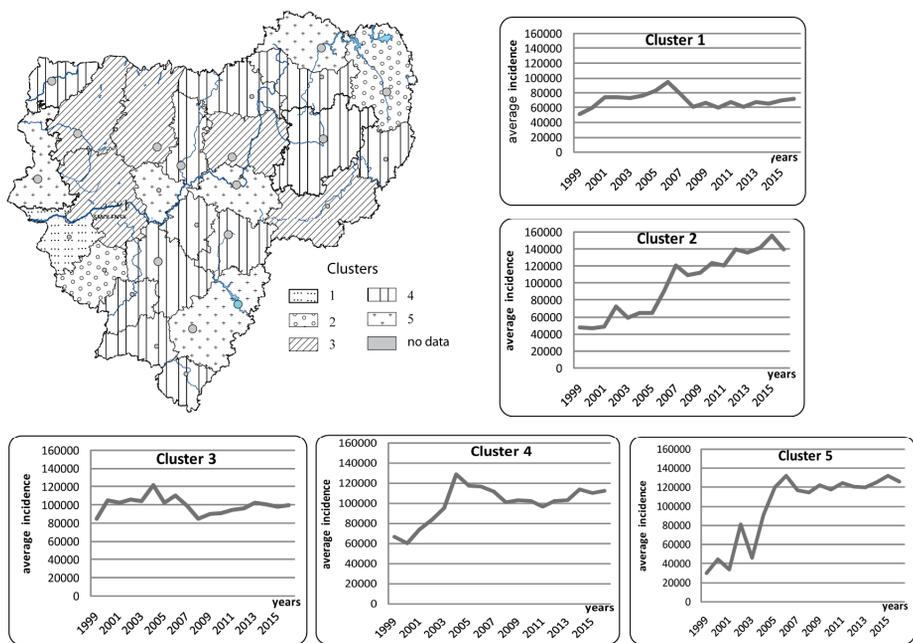


Fig. 2. Diseases of the skin and subcutaneous tissue among adolescents (typological algorithm).
 Рис. 2. Заболевания кожи и подкожной клетчатки у подростков (типологический алгоритм).

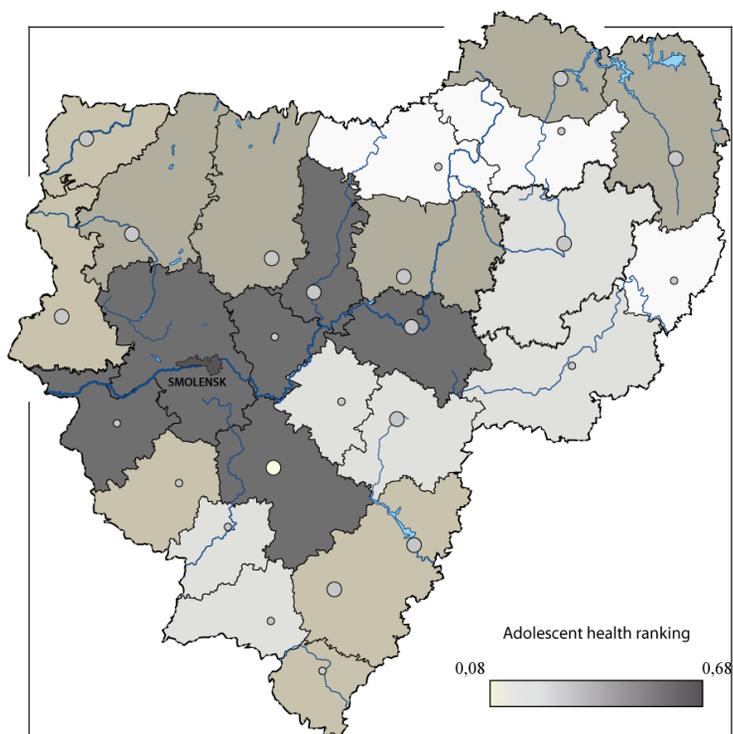


Fig. 3. Adolescent health ranking (1999–2016).

Рис. 3. Рейтинг здоровья подростков (1999–2016 гг.).

Respiratory diseases among adolescents (typological algorithm)

Most TU combined the fourth cluster with an average incidence of 99999 per 100,000 of the population and an increase in incidence over the observation period with a maximum in 2004 (12996 per 100 000 of the population). This cluster includes Velizhsky, Vyazemsky, Glinkovsky, Kardymovsky, Pochinkovsky, Temkin, Khislavichsky, Holm-Zhirkovsky, Shumyachsky, Yartsevsky districts and Smolensk.

The fifth cluster with negative dynamics of the incidence rate includes Dorogobuzh, Kardymovsky, Rudnyansky, Roslavl, Sychevsky districts. From 1999 to 2016 the incidence in these TU increased 4 times and reached 125 996 per 100 000 population.

Diseases of the skin and subcutaneous tissue among adolescents

In addition to respiratory diseases, in the structure of the incidence of adolescents living in the Smolensk region, a large proportion of skin and subcutaneous tissue diseases.

The first cluster combines the Vyazemsky, Gagarinsky, Dorogobuzhsky, Krasninsky, Pochinkovsky, Smolensk, Smolensky, Yartsevsky districts, in comparison with other types, has the most unfavorable situation in terms of incidence rates.

These areas are characterized by a more dynamic growth rate of incidence rates (2.4-fold increase); long-term average incidence – 9999.5 per 100 000 population.

The second cluster includes Sychevsky, Shumyachsky districts, for them the lowest average long-term incidence rate is 5454.389 per 100,000 population. An increase in the incidence was noted in 2008.

The third cluster (Velizhsky, Glinkovsky, Demidovsky, Dukhovschinsky, Ugransky, Khislavichsky districts) during 1999–2006 years had a rise in incidence, which was then followed by a slight decline. The average incidence was 9999.5 per 100 000 population.

The fourth cluster includes five districts – Yelninsky, Yershichsky, Novoduginsky, Roslavlsky, Safonovsky. The dynamics of the incidence rate for this cluster is characterized by a gradual decrease until 2006, and then by relative stability.

The fifth type includes the Kardymovsky, Monastyrshchinsky, Rudnyansky, Temkinsky, Holm-Zhirkovsky districts, characterized by an increase in the incidence from 1999 to 2006 (2.3-fold increase), which then changed to relative stability.

The first cluster, with the most unfavorable health characteristics, is located in the territory with the maximum impact of technogenic factors. It should be noted that for most clusters there is an increase in the incidence of adolescents with diseases of the skin and subcutaneous tissue, which requires special attention and explanation from the point of view of the influence of environmental and social factors.

Adolescent health ranking

The next step of our study is the Discussion of the ranking results, which are a sequence of 26 TU (25 districts of the Smolensk region and 1 city) for each class of diseases. The top positions are taken by those with the most unfavorable situation in terms of health, the closer to the end of the ranked list, the more favorable the incidence rates for the 18-year period.

Comparing the ranking results for 6 disease classes, we can see that the top positions in the ratings are most often occupied by Dorogobuzhsky, Dukhovschinsky, Krasninsky, Pochinkovsky, Smolensky, Yartsevsky districts and the city of Smolensk.

The bottom lines of the rating are most often occupied by Glinkovsky, Holm-Zhirkovsky, Khislavichsky, Novoduginsky, Shumyachsky, Temkinsky districts. Based on these data, a series of maps was created that reflects

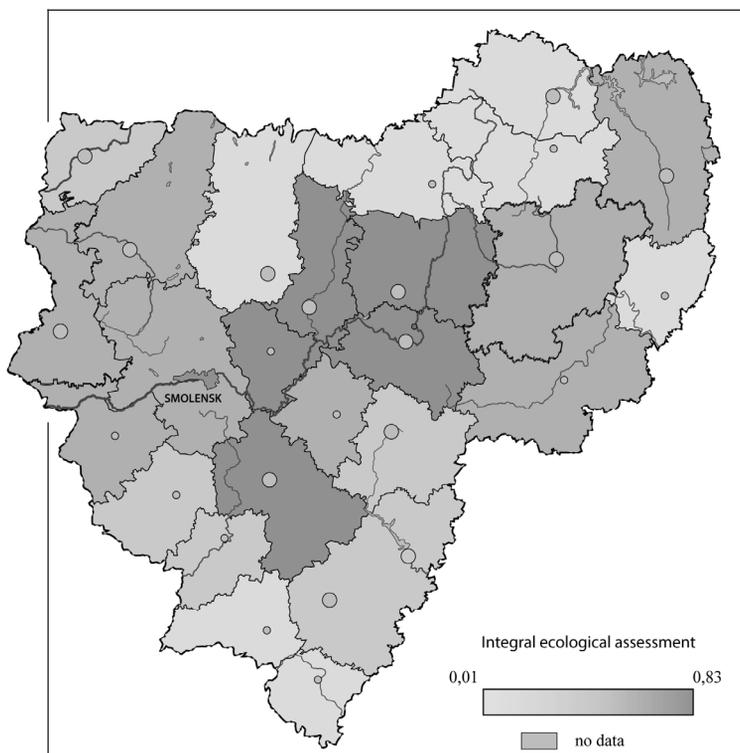


Fig. 4. Pollution index of complex indicators.

Рис. 4. Индекс загрязнения по комплексу показателей.

the spatial distribution of health characteristics over an 18-year period, as well as an integrated map that visualizes the results of calculations for a complex of incidence indicators.

The analysis of the integrated map (Fig. 3) shows that TU with an unfavorable situation due to the health status of adolescents (Smolensk, Pochinkovsky, Krasninsky, Yartsevsky, Demidovsky, Smolensky, Elninsky, Dukhovschinsky, Kardymovsky, Dorogobuzhsky) are the areas of maximum environmental risk (Fig. 4) [29].

All of these TU are located in the zone of influence of energy, chemical and extractive industries, are experiencing a high transport load from the federal highway, characterized by a high density of settlements.

The most prosperous areas in terms of the integral indicator of adolescent health are Holm-Zhirkovsky, Novoduginsky, Temkinsky. On the territory of these TU, the highest proportion of forests within the Smolensk region, there are no industrial enterprises, characterized by a low density of settlements.

Our study has several limitations. First of all, they are due to the scale of the study, the availability of statistical data. In subsequent studies, the depth of research can be expanded by studying all classes of diseases of adolescents and by conducting larger-scale work (within urban and rural settlements).

Conclusions

The use of multidimensional classifications allows, avoiding subjectivity in assessments, to analyze long-term data.

Cartographic visualization based on mathematical modeling makes it possible to effectively interpret the situation, opens up mechanisms for practical application in managerial decision-making in the healthcare sector. The results will be transferred to the Department of Health of the Smolensk region.

Unfavorable situation due to the health status of adolescents (Smolensk, Pochinkovsky, Krasninsky, Yartsevsky, Demidovsky, Smolensky, Elninsky, Dukhovschinsky, Kardymovsky, Dorogobuzhsky districts) are the areas of maximum environmental risk. The most prosperous areas in terms of the integral indicator of adolescent health are Holm-Zhirkovsky, Novoduginsky, Temkinsky districts – are the areas of minimum environmental risk.

Negative trends in changes in health indicators of adolescents associated with the state of the environment indicate an increase in environmental risks for the population of the Smolensk region.

Funding: This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research [grant number 18-05-00236].

References

1. Adger, H., Saha S. (2013) Alcohol use disorders in adolescents. *Pediatr Rev* 34:103–13.
2. Baranov, A.A., Kuchma, V.R., Rapoport, I.K. (2011) The adolescent health and development in Russia strategy as a tool for international interaction in adolescent health care. *Russian Pediatric Journal* 4:12–18 (Russian).
3. Baranov, A.A., Namazova-Baranova, L.S., Terletskaya, R.N., Baybarina, E.N., Chumakova, O.V., Ustinova, N.V., Antonova, E.V., Vishneva, E.A. (2016) Results preventive medical examinations of Adolescent in the Russian Federation. *Russian Pediatric Journal* 19:287 – 293. DOI: 10.18821/1560-9561-2016-19(5)-287–293 (Russian).
4. Belova O.G. (2013) Social characteristics of reproductive behavior of youth. *Reproductive Health of Children and Adolescents* 2:59–65 (Russian).

5. Benner, A.D., Wang, Y., Shen, Y., Boyle, A.E., Polk, R., Cheng, Y-P. (2018) Racial/ethnic discrimination and well-being during adolescence: A meta-analytic review. *American Psychologist* 73(7):855.
6. Boyas, J.F., Kim, Y.J., Moon, S.S., Ruiz, E., Gaines, K. (2017) Drug and Alcohol use and its Relationship to Self-Rated Health: An Ecological Examination among Latino and Non-Hispanic White Adolescents. *Children and Youth Ser Rev* 73:454–466.
7. Burlutskaya, A.V., Statova, A.V., Gurina, E.S. (2019) The Health Status of Teenagers in Krasnodar Krai. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik* 26(2):130–139. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-2-130-139> (Russian).
8. Duell N., Steinberg, L. (2019) Positive risk taking in adolescence. *Child Development Perspectives* 13(1):48–52.
9. Federal State Statistics Service (2020). URL: <https://eng.gks.ru/folder/11654>. (Accessed 2 Apr 2020).
10. Feldstein S.W., Sakhardande A., Blakemore S. (2014) The effect of alcohol consumption on the adolescent brain: a systematic review of MRI and fMRI studies of alcohol-using youth. *NeuroImage Clinical* 5:420–437.
11. Feldstein S.W., Miller W.R. (2006) Substance use and risk-taking among adolescents. *Journal of Mental Health* 15 (6): 633–643. <http://dx.doi.org/10.1080/09638230600998896>.
12. Hogue, A., Bobek, M., Dauber, S., Henderson, C.E., McLeod, B.D., Southam-Gerow, M.A. (2017) Distilling the core elements of family therapy for adolescent substance use: Conceptual and empirical solutions. *Journal of Child and Adolescent Substance Abuse* 26(6): 437–453.
13. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (2020). URL: <https://icd.who.int/browse10/2016/en> (Accessed 10 Apr 2020).
14. Javalkar, K., Johnson, M., Kshirsagar, A., Ocegueda, S., Detwiler, R., Ferris, M. (2016) Ecological Factors Predict Transition Readiness/Self-Management in Youth With Chronic Conditions. *Journal of Adolescent Health* 58:40–46. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jado-health.2015.09.013>.
15. Kiku P.F., Geltser B.I., Yarygina M.V., Beniowa S.N., Gorborukova T.V., Moreva V.G., Sitar N.S., Sabirova K.M., Mezentseva M.A. (2016) Ecological-hygienic aspects of the prevalence of respiratory diseases in adolescents and children of the Primorsky Krai. *Hygiene and Sanitation Russian Journal* 95(8):749–753. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-749-753 (Russian).
16. Kondo, M.C., Fluehr, J.M., McKeon, T., Branas, C.C. (2018) Urban Green Space and Its Impact on Human Health. *Int J Environ Res Public Health* 15:E445. doi:10.3390/ijerph15030445.
17. Kubzansky, L.D., Gilthorpe, M.S., Goodman, E.A. (2012) A prospective study of psychological distress and weight status in adolescents/young adults. *Ann Behav Med* 43(2):219–28.
18. Lakshman, R., Elks, C.E., Ong, K.K. et al. (2012) Childhood obesity. *Circulation* 126 (14):1770–9.

19. Lewis T.P., Hession C. (2012) Alcohol use: from childhood through adolescence. *Journal Pediatr Nurs* 27(5):50–8.
20. Luciana M., Feldstein E.S. (2015) Introduction to the special issue: substance use and the adolescent brain: developmental impacts, interventions, and longitudinal outcomes. *Developmental Cognitive Neuroscience* 16:1–4.
21. Mashkina A.A., Rzyankina M.F. (2013) The morbidity dynamics of 15–17-year-old young women in Khabarovsk (over a 10-year follow-up). *Far East Med Journal* 3:1–4 (Russian).
22. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAS EM) (2020) Promoting Positive Adolescent Health Behaviors and Outcomes: Thriving in the 21st Century. <https://doi.org/10.17226/25552>.
23. Pan American Health Organization (2016) Report on tobacco control for the region of the Americas. WHO Framework Convention on Tobacco Control: 10 years later.
24. Peeters M., Vollebergh W.A.M., Wiers R.W., Field M. (2014) Psychological changes and cognitive impairments in adolescent heavy drinkers. *Alcohol and Alcoholism* 49(2):182–186 <http://dx.doi.org/10.1093/alcalc/agt162>.
25. Santelli J.S., Song X., Garbers S., Sharma V., Viner R.M. (2017) Global trends in adolescent fertility, 1990–2012, in relation to national wealth, income inequalities, and educational expenditures. *Journal of Adolescent Health* 60(2):161–168.
26. Semyonovkyh, L.N., Semyonovkyh, G.K. (2011) Environmental Factors and Their Impact on Health of Children and Adolescents. Moscow State Medical University Publ, Moscow (Russian).
27. Suvorova A.V., Iakubova, I.S., Chernyakina, T.S. (2017) Dynamics of indices of the state of health of children and adolescents in the city of St. Petersburg for 20 years. *Hygiene and Sanitation Russian Journal* 96(4):332–338. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-332-338 (Russian).
28. Tikunov, V.S. (1997) Classifications in geography: renaissance or fading? (The experience of formal classifications). Publishing House of the Smolensk University, Moscow, Smolensk (Russian).
29. Tikunov, V.S., Vatlina, T.V. (2020) Environmental assessment of the territories on the example of municipalities of the Smolensk region InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press. V. 26 (1): 12–21. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-12-21.
30. United Nations Population Fund (2013). Motherhood in childhood: facing the challenge of adolescent pregnancy. The state of world population 2013.
31. World Health Organization (2017) WHO report on the global tobacco epidemic, 2017.
32. World Health Organization (2020) Global school-based health survey. URL: <http://www.who.int/chp/gshs/factsheets/en/> (Accessed 12 Apr 2020).

Библиографический список

1. Adger, H., Saha S. (2013) Alcohol use disorders in adolescents. *Pediatr Rev* 34:103–13.
2. Баранов, А.А., Кучма, В.Р., Раппопорт, И.К. Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» как инструмент международного взаимодействия в охране здоровья детей // *Российский педиатрический журнал*. 2011. № 4. С.12–18.
3. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н. и др. Результаты профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних в Российской Федерации // *Российский педиатрический журнал*. 2016. № 19. С. 287–293. DOI: 10.18821/1560-9561-2016-19(5)-287–293.
4. Белова О.Г. Социологические характеристики репродуктивного поведения молодежи // *Репродуктивное здоровье детей и подростков*. 2013. № 2. С. 59–65.
5. Benner, A.D., Wang, Y., Shen, Y., Boyle, A.E., Polk, R., Cheng, Y-P. (2018) Racial/ethnic discrimination and well-being during adolescence: A meta-analytic review. *American Psychologist* 73(7):855.
6. Boyas, J.F., Kim, Y.J., Moon, S.S., Ruiz, E., Gaines, K. (2017) Drug and Alcohol use and its Relationship to Self-Rated Health: An Ecological Examination among Latino and Non-Hispanic White Adolescents. *Children and Youth Ser Rev* 73:454–466.
7. Бурлуцкая А.В., Статова А.В., Гурина Е.С. Состояние здоровья (заболеваемость и инвалидность) подростков в Краснодарском крае // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2019. № 26(2). С. 130–139. DOI: 10.25207/1608-6228-2019-26-2-130-139.
8. Duell, N., Steinberg, L. (2019) Positive risk taking in adolescence. *Child Development Perspectives* 13(1):48–52.
9. Federal State Statistics Service (2020). URL: <https://eng.gks.ru/folder/11654>. (Accessed 2 Apr 2020).
10. Feldstein, S.W., Sakhardande, A., Blakemore, S. (2014) The effect of alcohol consumption on the adolescent brain: a systematic review of MRI and fMRI studies of alcohol-using youth. *NeuroImage Clinical* 5:420–437.
11. Feldstein, S.W., Miller, W.R. (2006) Substance use and risk-taking among adolescents. *Journal of Mental Health* 15 (6): 633–643. <http://dx.doi.org/10.1080/09638230600998896>.
12. Hogue, A., Bobek, M., Dauber, S., Henderson, C.E., McLeod, B.D., Southam-Gerow, M.A. (2017) Distilling the core elements of family therapy for adolescent substance use: Conceptual and empirical solutions. *Journal of Child and Adolescent Substance Abuse* 26(6): 437–453.
13. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (2020). URL: <https://icd.who.int/browse10/2016/en> (Accessed 10 Apr 2020).
14. Javalkar, K., Johnson, M., Kshirsagar, A., Ocegueda, S., Detwiler, R., Ferris, M. (2016) Ecological Factors Predict Transition Readiness/Self-Management in Youth With Chronic Conditions. *Jour-*

- nal of Adolescent Health 58:40–46. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2015.09.013>.
15. Кикун Павел Федорович, Гельцер Б.И., Ярыгина М.В., Бениова С.Н., Горборукова Т.В., Морева В.Г., Шитер Н.С., Сабирова К.М., Мезенцева М.А. Эколого-гигиенические аспекты распространенности болезней органов дыхания у подростков и детей Приморского края // Гигиена и санитария. 2016. № 8. С. 749–753. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-749-753.
 16. Kondo, M.C., Fluehr, J.M., McKeon, T., Branas, C.C. (2018) Urban Green Space and Its Impact on Human Health. *Int J Environ Res Public Health* 15:E445. doi:10.3390/ijerph15030445.
 17. Kubzansky, L.D., Gilthorpe, M.S., Goodman, E.A. (2012) A prospective study of psychological distress and weight status in adolescents/young adults. *Ann Behav Med* 43(2):219–28.
 18. Lakshman, R., Elks, C.E., Ong, K.K. et al. (2012) Childhood obesity. *Circulation* 126 (14):1770–9.
 19. Lewis, T.P., Hession, C. (2012) Alcohol use: from childhood through adolescence. *Journal Pediatr Nurs* 27(5):50–8.
 20. Luciana, M., Feldstein, E.S. (2015) Introduction to the special issue: substance use and the adolescent brain: developmental impacts, interventions, and longitudinal outcomes. *Developmental Cognitive Neuroscience* 16:1–4.
 21. Машкина А.А., Рзянкина М.Ф. Динамика заболеваемости девушек 15–17 лет г. Хабаровска (за период 10-летнего наблюдения) // Дальневосточный медицинский журнал. 2013. № 3. С. 1–4.
 22. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAS EM) (2020) Promoting Positive Adolescent Health Behaviors and Outcomes: Thriving in the 21st Century. <https://doi.org/10.17226/25552>.
 23. Pan American Health Organization (2016) Report on tobacco control for the region of the Americas. WHO Framework Convention on Tobacco Control: 10 years later.
 24. Peeters, M, Vollebergh, W.A.M., Wiers, R.W., Field, M. (2014) Psychological changes and cognitive impairments in adolescent heavy drinkers. *Alcohol and Alcoholism* 49(2):182–186 <http://dx.doi.org/10.1093/alcalc/agt162>.
 25. Santelli, J.S., Song, X., Garbers, S., Sharma, V., Viner, R.M. (2017) Global trends in adolescent fertility, 1990–2012, in relation to national wealth, income inequalities, and educational expenditures. *Journal of Adolescent Health* 60(2):161–168.
 26. Семёновых Л. Н., Семёновых Г. К. Факторы среды обитания и их влияние на здоровье детей и подростков. М.: Изд-во Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2011. 104 с.
 27. Суворова А.В., Якубова И.Ш., Чернякина Т.С. Динамика показателей состояния здоровья детей и подростков Санкт-Петербурга за 20-летний период // Гигиена и санитария. 2017. № 4. С. 332–338. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-332-338.
 28. Тикунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увя-

- дание? (Опыт формальных классификаций). Москва–Смоленск: Издательство СГУ, 1997, 367 с.
29. Тикунов В.С., Ватлина Т.В. Экологическая оценка территорий на примере муниципальных образований Смоленской области ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Издательство Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 1. С. 12–21. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-12-21.
 30. United Nations Population Fund (2013). Motherhood in childhood: facing the challenge of adolescent pregnancy. The state of world population 2013.
 31. World Health Organization (2017) WHO report on the global tobacco epidemic, 2017.
 32. World Health Organization (2020) Global school-based health survey. URL: <http://www.who.int/chp/gshs/factsheets/en/> (Accessed 12 Apr 2020).

Поступило в редакцию 10.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.

About the authors

Tikunov Vladimir S., Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory for Integrated Mapping; Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia, 119991; ResearcherID: M-1475-2015, Scopus Author ID: 7004523729, ORCID: 0000-0002-1597-6909.

Tel.: +74959391339. E-mail: vstikunov@yandex.ru

Vatlina Tamara V., Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography; Smolensk State University, Natural-geographical faculty, Smolensk, Russia, 2140040; ResearcherID: ABE-9564-2020, ORCID: 0000-0002-3903-0376

Tel.: +79203164005. E-mail: vatlina_geo@mail.ru,

Сведения об авторах

Тикунов Владимир Сергеевич, доктор географических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией комплексного картографирования; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1.

Tel.: +74959391339. E-mail: vstikunov@yandex.ru

Ватлина Тамара Валентиновна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии; Смоленский государственный университет, естественно-географический факультет, 214000, Смоленск, Россия, ул. Пржевальского, д. 4;

Tel.: +7-920-316-4005. E-mail: vatlina_geo@mail.ru;

25.00.24.
УДК 314.72 (470.6)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ,
ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

Щитова Н.А.,
Белозеров В.С.,
Соловьев И.А.

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

**КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ
(на примере агломераций Европейской России)**

Введение.

Основное содержание исследования составляет анализ подходов к изучению процессов развития городских агломераций. Особое внимание уделено проблеме межагломерационного и внутриагломерационного развития. Основной исследовательской задачей является разработка авторской концепции комплексного полимасштабного изучения трансформирующегося демографического пространства городских агломераций.

Материалы и методы исследования.

Информационной базой исследования выступили труды отечественных ученых по тематике, отражающей вопросы развития городских агломераций в России. Исследование опирается на традиционные, выработанные в рамках советской геоурбанистики, подходы к определению понятия и делимитации городских агломераций. В качестве основного критерия выделения границ агломерации использованы полуторачасовая или двухчасовая транспортная доступность до центра агломерации, второй обычный критерий – наличие большого города-ядра – предлагается использовать выборочно.

Результаты исследований и их обсуждение.

В концепции презентуются основная идея, подходы и принципы пространственно-временного анализа демографических и миграционных процессов в городских агломерациях на основе современных исследовательских технологий. Авторы считают, что предлагаемая методология позволит систематизировать разрозненные данные о демографическом развитии российских городских агломераций, установить основные тенденции, связанные с синергией территориальных и человеческих ресурсов. Обосновывается мысль о том, что городские агломерации следует классифицировать в соответствии с характером протекания демографических процессов, как в городах-ядрах, так и пригородной, а также периферийной зонах. Полимасштабный подход к анализу позволит не только выявить общие закономерности демографического развития, но и установить локально-региональные особенности, неявно влияющие на интегральную ситуацию.

Выводы.

Несмотря на достаточно хорошую проработанность агломерационной тематики, в отечественной традиции нет комплексных работ, нацеленных на интегральный анализ территориальных особенностей демографического развития городских агломераций России. В статье излагаются взгляды на демографическое развитие как ведущую составляющую развития городских агломераций. Предлагаемая концепция раскрывает основные методологические аспекты, связанные с исследованиями подобного рода.

Ключевые слова:

Европейская Россия, городские агломерации, демографические процессы, миграция населения, демографическое развитие.

Shchitova N.A., North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.
stavgeo@mail.ru

Belozеров V.S.,
Soloviev I.A.

The research concept of metropolitan areas demographic development (In the case of European part of Russia metropolitan areas)

Introduction. The subject matter of this study is an analysis of approaches for researching of metropolitan area's development processes. The special attention is given to the problem of in-metropolitan and cross-metropolitan area's development. The primary research goal is the original concept development of integrated multiscale study of transformable metropolitan area's demographic space

Materials and methods of the research. The study is based on traditional soviet-designed urban geography approaches for defining the basic terms and delimitation of metropolitan areas: As a first main criteria of area's demarcation the hour and a half or two hours transport accessibility is used. It is suggested to use selectively the second common criteria – the presence of a big city core

The results of the study and their discussion. The concept presents main idea, approaches and principles of spatial-temporal analysis of demographic and migration processes in metropolitan areas based on modern research tools. The authors believe that the proposed methodology allows to systematize disembodied data on Russian metropolitan area's demographic development and reveals the major trends linked with a special and human resources synergy. It is substantiated the idea that metropolitan areas should be classified based on demographic process's patterns in city cores, suburban and outlying areas. A multiscale mode of analysis allows to reveal not only the common patterns of demographic development, but also determine local and regional factors which are implicitly making impact on a complex picture.

Conclusions. Despite the well-understood metropolitan area's subject-matter there is no integrated studies in Russian scholarly traditions which are aimed to have an integrated analysis of metropolitan area's demographic development based on spacial features. It is proposed the view that the demographic development is a leading factor of metropolitan area's development. The proposed concept has revealed the key methodological aspects of subject studies.

Key words: European part of Russia, metropolitan areas, urban areas, demographic processes, migration, demographic development.

Введение

Усиление метрополизационных тенденций, обострение центрo-периферийных и межагломерационных противоречий, актуализируют необходимость поиска ответов на новые вызовы внутрирегионального и межрегионального развития российского пространства. Основная идея современного пространственного развития России заключается в опоре на городские агломерации как ключевые центры концентрации населения и экономики. Городские агломерации выступают в качестве основных фундаментальных узлов расселенческого каркаса страны, максимально аккумулирующих человеческие ресурсы, которые являются главной предпосылкой их экономического, геополитического и культурного развития. Естественное движение населения, миграции, в том числе этнические, обуславливают не только механический рост или стагнацию агломерации, но и ее структурную перестройку, деформацию или формирование новых очагов роста. Управление прогрессивным демографическим развитием агломераций возможно только на основе актуальной, полноценной и достоверной информации о его различных аспектах. В связи с этим необходимость и целесообразность постоянного мониторингового анализа протекания этдемографических процессов, как в целом в агломерации, так и в ее отдельных поселениях, становится очевидной. Для проведения полноценного исследования демографического развития агломераций Европейской части страны необходима разработка концептуальной схемы, интегрирующей ключевые методологические подходы и принципы.

Материалы и методы исследований

Существует большое число различных определений понятия городской агломерации. Классическими в российской научной традиции являются определения, сформулированные Г.М. Лаппо и П.М. Поляном [1; 2; 3; 4]. Г.М. Лаппо определяет агломерацию как территориальную систему поселений и пространств между ними, объединенных многообразными и интенсивными связями [1]. Аналогичное, хотя и более развёрнутое определение предлагает П.М. Полян – городская агломерация – «компактная и относительно развитая совокупность взаимодополняющих друг друга городских и сельских поселений, группирующихся вокруг одного или нескольких мощных городских ядер и объединенных многообразными и интенсивными связями в сложное и динамическое единство» [3; 4]. Таким образом, агломерация – это некая общность поселений, в которой достаточно четко выделяется центр (несколько центров), представляющий собой наиболее крупный и развитый город (несколько городов), и периферия – ос-

тальные более мелкие и менее развитые городские и сельские поселения, связанные между собой и центром разнообразными производственными, культурно-бытовыми, рекреационными, семейно-бытовыми и др. отношениями. В соответствии с количеством центральных городов различают агломерации моноцентрические, двухполосные и полицентрические. Население, безусловно, – основной компонент агломерации, от которого в конечном счете зависит ее величина, мощность и значимость, а пространственное поведение людей (их мобильность) превращает пространственную совокупность поселений в систему. В связи с этим, демографическое развитие следует рассматривать как ключевую категорию исследования.

Важным методологическим вопросом является проблема делимитации агломераций. Основным критерием выделения границ агломерации следует считать традиционный показатель – 1,5 или 2-х часовая транспортная доступность до центра агломерации. Второй, наиболее часто используемый обычный критерий, – наличие города-ядра с численностью населения более 100 тыс. чел. следует использовать выборочно. Численность населения центрального города носит достаточно формальный характер. Центральность города зависит не столько от численности, сколько от накопленного социально-экономического потенциала и его мощности. Имеются примеры (особенно в полицентрических агломерациях), когда малые города «работают» как агломерационные ядра, что можно наблюдать в Кавминводской агломерации. Одновременно 100-тысячный Михайловск – сосед Ставрополя – не обладает притягательностью вследствие слабой социально-экономической базы и выполняет роль «спальни» для краевого центра.

Проведение сравнительного анализа требует использования специальных показателей. Это может быть коэффициент развитости, предложенный П.М. Поляном [3]. Перечень развитых агломераций приводится у Е.В. Антоновой, А.Г. Махровой [5].

Демографические и миграционные процессы в контексте развития городских агломераций России и конкуренции за человеческие ресурсы неоднократно рассматривались отечественными исследователями [6; 7; 8]. Имеются примеры анализа демографических процессов в отдельных городских агломерациях [9; 10; 11; 12; 13]. Вместе с тем, комплексных работ, нацеленных на интегральный анализ территориальных особенностей демографического развития городских агломераций России, нет, что актуализирует предлагаемое исследование и определяет его научную новизну

Центральной категорией исследования выступает «демографическое развитие городской агломерации», понимаемая как изменение численности и структуры населения в определенный период времени

за счет естественного и механического движения, изменения ареала агломерации.

В качестве основных параметров демографического развития рассматриваются численность населения, абсолютные и относительные показатели рождаемости, смертности, естественного прироста, количества прибывших, выбывших мигрантов, миграционного прироста, возрастная структура населения. Все параметры дифференцируются в соответствии с позиционным положением поселения в агломерации (ядро, пригород, сельская периферия и т.п.), характером застройки и др.

Интегральные индексы могут отражать уровень и стадию демографического развития (устойчивое развитие, волнообразное, неустойчивое, стагнация и т.п.).

Демографическое развитие ядра агломерации и пригородов чаще всего по характеру отличается. Это необходимо учитывать при выделении типов агломераций по характеру демографического развития.

Все данные аккумулируются в системе геоинформационного мониторинга демографического развития агломераций.

Результаты исследований и их обсуждение

Предлагаемое исследование предполагает разработку эффективной методологии пространственно-временного анализа демографических и миграционных процессов в городских агломерациях, с использованием современных технологий (геоинформационных, мониторинговых, аэрокосмических, BigData). Планируемый анализ позволит систематизировать разрозненные данные о демографическом развитии российских городских агломераций, провести их типологию и установить основные тенденции, связанные с синергией территориальных и человеческих ресурсов, их непродуктивным использованием.

Цель исследования – выявить пространственные особенности демографического развития городских агломераций.

В ходе исследования необходимо дать ответы на ряд вопросов.

1. Что следует понимать под демографическим развитием городских агломераций?
2. Каковы показатели, индикаторы, критерии демографического развития ГА?
3. Каковы технологии и методы учета пространственных особенностей демографического развития?

В процессе исследования предполагается решить следующие проблемы:

1. Неравномерность демографического развития в агломерациях разного типа
2. Трансформации демографических процессов в поселениях внутри агломераций
3. Пространственно-временные пульсации демографических процессов в ГА
4. Интенсивность, направленность и мощность демографических связей в ГА разного типа
5. Тенденции и перспективы демографического развития агломераций разного типа

Основными научными подходами исследования будут являться:

- системный – агломерации рассматриваются как системы поселений, объединенных различными связями, в первую очередь, интерес представляют миграционные связи, в том числе и маятниковые;
- полимасштабный – исследование планируется на трех территориальных уровнях: анализ городских агломераций в пределах Европейской части России; сравнительный регионально-типологический анализ агломераций в пределах выделенных типов; внутриагломерационный (на примере одной или двух агломераций);
- геоинформационно-картографический – вся аналитика будет сопровождаться геоинформационно-картографическими моделями и материалами;
- мониторинговый – планируется использование длительных рядов показателей демографических процессов;
- компаративистский – исследование будет строиться на сравнительном анализе, выявлении аналогий и т.п.

В пространственном отношении исследование ориентировано на Европейскую часть России, как территорию исторически более длительного урбанистического развития и сосредоточения наибольшего числа российских агломераций. Исследование не будет носить сплошного характера. Первоначально следует произвести «грубую» типологию городских агломераций на основании наиболее очевидных демографических показателей (численность населения в центре и периферии, естественный и миграционный прирост). Затем сле-

дует выбор наиболее типичных представителей из каждой группы в качестве кейсов для более детального анализа. На заключительной стадии исследования проводится внутриагломерационный анализ на примере одной или нескольких агломераций.

Временные рамки исследования охватывают постсоветский период, хотя, по мере необходимости, будут предприниматься и некоторые ретроспективы в советское прошлое. В качестве базовых наиболее целесообразно использовать данные 1989, 2002, 2010 и 2019 гг.

Исследование строится на ряде гипотетических предположений.

1. Различия городских агломераций в демографическом отношении зависят от соотношения процессов естественного и миграционного прироста
2. Благоприятность демографических процессов в агломерациях Европейской России возрастает с севера на юг и с запада на восток.
3. В большей части европейских агломераций России наблюдается демографический рост в ядрах и стагнация в периферийных поселениях, причем степень стагнации возрастает по мере удаления от ядра.
4. Успешность демографического развития поселений, входящих в агломерацию, зависит от его позиционных характеристик (расстояния до центра, транспортной доступности, «глубинности», приграничности и т.п.).
5. Наиболее благоприятны демографические процессы протекают в ближней периферии, особенно в городах-спутниках, которые приобретают функцию «спален» для ядер.
6. Энергетика и ареал влияния ядер агломерации на окружающее пространство определяются мощностью их социально-экономического потенциала, индуцирующего развитие маятниковых миграций.
7. Рурурбанизационные процессы ведут к трансформации сети сельского расселения и сокращении его численности. В ряде агломераций идет процесс формирования новых поселений-коттеджных поселков, за счет чего растет сельское население.
8. В ряде периферийных сельских поселений в пределах столичных агломераций и городов-миллионеров наблюдается возобновление роста численности населения за счет возвратных миграций из мегаполисов в сельскую местность.

9. Пространственное расширение городских территорий не коррелирует с ростом населения. Увеличение городских площадей не сопровождается существенным ростом численности населения.
10. Старение населения происходит по-разному в центральных и периферийных зонах агломераций. В городах-ядрах старение связано с ростом продолжительности жизни, а в периферийных поселениях старение – результат миграции молодежи.
11. По мере развития агломерационных связей в поселениях разных типов формируются слои населения с новыми поведенческими моделями и стратегиями, обусловленные повышенной пространственной мобильностью.

Исследование опирается, прежде всего, на статистические данные, содержащиеся в материалах переписей, федеральных, региональных и муниципальных статистических органов о естественном движении, миграционных процессах, половозрастной структуре населения, среднем и медианном возрасте, брачности и разводимости, а также материалы ведомственной статистики (Бюро технической инвентаризации и др.). На основании этих показателей будут рассчитываться интегральные индексы – (например, индекс демографического благополучия, индекс демографического старения и др.).

Исследование будет опираться, в первую очередь, на статистические данные, материалы переписи, федеральные, региональные и муниципальные данные о естественном движении, миграционных процессах, половозрастной структуре населения, среднем и медианном возрасте, брачности и разводимости, а также материалов ведомственной статистики (Бюро технической инвентаризации и др.). На основании этих показателей будут рассчитываться интегральные индексы – (например, индекс демографического благополучия, индекс демографического старения и др.). Статистические методы исследования будут сочетаться с социологическими, включающими, как количественные (в т.ч. в онлайн режиме), так и качественные методики. Анализ космоснимков позволит уловить процессы расширения городских пространств и выявить пространственные трансформации агломерационного развития. Важным источником информации могут быть большие данные и данные социальных медиа, которые позволят уточнить и дополнить результаты, анализа транспортных потоков и транспортных сетей при исследовании маятниковых миграций. На локальном уровне (в агломерациях-ключках) будет организовано изучение личностных характеристик отдельных типичных групп населения (маятниковых миг-

рантов, «возвращенцев» из города в село и т.п.) для выявления различных аспектов их демографического и пространственного поведения.

В качестве основного инструмента анализа демографического развития предлагается использовать геоинформационный мониторинг, позволяющий не только накапливать, обновлять актуальную информацию и отслеживать происходящие изменения, но и вырабатывать на основе анализа данных наиболее адекватные меры регулирования и повышения сбалансированности демографического развития территории. Исследование предполагает разработку детальной концептуальной схемы геоинформационного мониторинга демографического развития городских агломераций.

Демографическое развитие ядра агломерации и ее периферийных территорий чаще всего происходит по разным траекториями. В связи с этим количество используемых показателей должно различаться на разных территориальных уровнях. по мере изменения масштаба исследования. Так, кроме абсолютных и относительных показателей численности, рождаемости, смертности, естественного прироста, миграции, возрастных параметров населения, характеризующих агломерацию в целом, на локальном уровне планируется использование более дробных показателей. Например, численность населения города-ядра, других городских и сельских поселений, муниципальных районов, этажность застройки, обеспеченность населения услугами, параметры, отражающие характер демографического поведения разных групп населения и т.п.

Выводы

Ключевое место в системе расселения современной России отводится городским агломерациям, которые концентрируют значительный человеческий потенциал, становятся «локомотивами» экономики и инновационного развития страны в целом и конкретных регионов в частности. На карте страны они образуют некое созвездие, распространяя свое влияние на обширные территории, которые в сумме уже охватили значительную часть страны. Вместе с тем, ряд вопросов не получили внятных ответов. В частности, отсутствуют работы интегрального характера, в которых присутствует детальный анализ пространственно-временных особенностей демографического развития городских агломераций России. Нет работ, посвященных изучению внутриагломерационных различий в демографических процессах. Предлагаемая концепция направлена на комплексное полимасштабное изучение пространственных особенностей демографических и миграционных процессов в городских агломерациях. Подобные исследования в современной российской науке фактически отсутствуют.

Планируемый анализ позволит систематизировать разрозненные данные о демографическом развитии российских городских агломераций Европейской части России, провести их типологию и установить основные тенденции демографического развития. В основу типологии городских агломераций будут положены два основных принципа – опора на данные, характеризующие общие тенденции демографического развития агломераций и учет демографических процессов в городах-ядрах. Типы агломераций могут различаться в зависимости от направленности (устойчивый, волнообразный неустойчивый рост/сокращение, стагнация) демографического развития агломерации в целом и ее отдельных структур и параметров, отражающих источники демографического развития (естественное движение, миграции, другие процессы).

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00386 А.

Библиографический список

1. Лаппо Г.М. Развитие городских агломераций в СССР. М.: Наука, 1978. 152 с.
2. Лаппо Г.М., Полян П.М., Селиванова Т.И. Агломерации России в XXI веке. Городские агломерации. России // Демоскоп Weekly. 2010. № 407–408.
3. Полян П.М. Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения. Ч.1. М.: ИГАН СССР, 1988.
4. Полян П.М. Территориальные структуры-урбанизация-расселение. Теоретические подходы и методы изучения. М., 2014. С. 346.
5. Антонов Е.В., Махрова А.Г. Крупнейшие городские агломерации и формы расселения наагломерационного уровня в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. №4. С. 31–45.
6. Полян П.М., Селиванова Т.И. Городские агломерации России и новые тенденции эволюции их сети (1989–2002) // Известия Российской академии наук. Серия Географическая, 2007. №5. С. 18–27.
7. Зубаревич Н.В. Развитие и конкуренция российских агломераций // Экономическая политика, 2008. №5. С. 15–23.
8. Пышминцева О.А., Макарова М.Н. К вопросу пространственного воздействия агломераций на миграционный поток населения //Институты развития демографической системы общества: сборник материалов V Уральского демографического форума с международным участием, 2014. С. 139–146.

9. Хуснутдинова С.Р., Лекомцев А.Л., Сидоров В.П. Городские агломерации в современной России: сходства и различия (на примере Казанской и Ижевской агломераций) // Мозаика городских пространств: экономические, социальные, культурные и экологические процессы: сборник материалов Всероссийской научной конференции. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2016. С.179–183.
10. Атаева А.Г., Гайнанов Д.А., Уляева А.Г. Уфимская агломерация: территория и структура /раздел монографии «Стратегический план экономического развития городского округа город Уфа Республики Башкортостан до 2030 года». Уфа, 2015. С. 87–90.
11. Шеина С.Г., Шишкунова Д.В. Ростовская агломерация. Территориально-экономическое развитие // материалы международной научно-практической конференции «Строительство и архитектура». Ростов н/Д., 2015. С. 220–221.
12. Паршутто Е.В., Галямов Ю.Ю. Методические аспекты сравнительного анализа развития муниципальных образований томской агломерации // Экономические науки, 2015. №132. С. 62–65.
13. Султанова Е.В., Батищева М.Н. Городские агломерации: формирование и перспективы (на примере Владивостокской агломерации) // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. №3. С. 35–38.

References

1. Lappo G.M. The development of urban agglomerations in the USSR. Moscow: Nauka, 1978. 152 p.
2. Lappo G.M., Polyan P.M., Selivanova T.I. Agglomeration of Russia in the XXI century. Urban agglomerations. Russia // Demoscope Weekly. 2010. No. 407–408.
3. Polyan P.M. Territorial structures-urbanization-resettlement. Theoretical approaches and methods of study. M., 2014. P. 346
4. Polyan P.M. Methods for identifying and analyzing the settlement support frame. Part 1. Moscow: IGAN USSR, 1988.
5. Antonov E.V., Makhrova A.G. The largest urban agglomerations and forms of settlement at the supra-agglomeration level in Russia // News of the Russian Academy of Sciences. Geographic series. 2019. No. 4. S. 31–45.
6. Polyan P.M., Selivanova T.I. Urban agglomerations of Russia and new trends in the evolution of their network (1989-2002) // News of the Russian Academy of Sciences. Series Geo-graphic, 2007. No. 5. S. 18–27.
7. Zubarevich N.V. Development and Competition of Russian Agglomerations // Economic Policy, 2008. No. 5. S. 15–23.
8. Pyshmintseva O.A., Makarova M.N. On the issue of the spatial impact of agglomerations on the migration flow of the population // Institutes for the development of the demographic system of society: collection of materials of the V Ural Demographic Forum with international participation, 2014. pp. 139–146.

9. Khusnutdinova S.R., Lekomtsev A.L., Sidorov V.P. Urban agglomerations in modern Russia: similarities and differences (on the example of the Kazan and Izhevsk agglomerations) // Mosaic of urban spaces: economic, social, cultural and ecological processes: collection of materials of the All-Russian scientific conference. Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2016. pp. 179-183.
10. Ataeva A.G., Gaynanov D.A., Ulyaeva A.G. Ufa agglomeration: territory and structure / section of the monograph "Strategic plan of economic development of the urban district, the city of Ufa, Republic of Bashkortostan until 2030". Ufa, 2015. S. 87–90.
11. Sheina S.G., Shishkunova D.V. Rostov agglomeration. Territorial and economic development // materials of the international scientific and practical conference "Building and architecture". R / D. 2015. S. 220–221.
12. Parshuto E.V., Galyamov Yu.Yu. Methodological aspects of the comparative analysis of the development of municipalities of the Tomsk agglomeration // Economic sciences, 2015. No. 132. S. 62–65.
13. Sultanova E.V., Batischeva M.N. Urban agglomerations: formation and prospects (on the example of the Vladivostok agglomeration) // Azimuth of scientific research: economics and management, 2018. No. 3. S. 35–38.

Поступило в редакцию 20.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020

Сведения об авторах

- Щитова** Наталия Александровна, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии и туризма Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: (962)451-77-88; E-mail: stavgeo@mail.ru
- Белозеров** Виталий Семенович, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии и туризма Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: (962)451-77-88; E-mail: vsbelozеров@yandex.ru
- Соловьев** Иван Алексеевич, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии и туризма Северо-Кавказского федерального университета. Телефон: (905)415-56-24; E-mail: soloivan@mail.ru

About the authors

- Shchitova** Nataliya Aleksandrovna, Doctor of Geographical Sciences, NCFU. Phone: (962)451-77-88; E-mail: stavgeo@mail.ru
- Belozеров** Vitaly Semenovich, Doctor of Geographical Sciences, NCFU. Phone: (962)451-77-88; E-mail: vsbelozеров@yandex.ru
- Soloviev** Ivan Alekseevich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, NCFU. Phone: (905)415-56-24; E-mail: soloivan@mail.ru

25.00.29
УДК 551.578.7

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

Кагермазов А. Х.,
Созаева Л. Т.

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

ВАЛИДАЦИЯ ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ АЭРОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С НАРАСТАЮЩЕЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ

Введение.

Для исследования опасных явлений погоды, связанных с конвекцией в атмосфере, требуется наличие фактических данных аэрологического зондирования. Однако сеть аэрологического радиозондирования атмосферы в нашей стране не может обеспечить потребителей информации с достаточной частотой проведения измерений во времени и необходимой плотностью пунктов на территории страны. В настоящей работе предлагается использовать взамен данных аэрологического зондирования выходную продукцию глобальной модели атмосферы GFS NCEP, что особенно актуально для прогноза конвективных явлений. Возможность такой замены оценивается методами корреляционного анализа.

Материалы и методы
исследования.

Материалами исследований является выходная продукция глобальной модели атмосферы GFS NCEP, включающая в себя стратифицированные поля метеорологических элементов: температуры воздуха, температуры точки росы, скорости и направления скорости ветра, с нарастающей заблаговременностью 24, 48, 60, 84 и 132 часа. Фактическими данными послужили данные аэрологического зондирования на метеостанции «Минеральные воды» Центральной части Северного Кавказа. Степень их совпадения оценена методами корреляционного анализа.

Результаты исследования
и их обсуждение.

В ходе исследования были получены коэффициенты корреляции между прогностическими (модельными) и фактическими данными температуры воздуха, температуры точки росы, направления и скорости ветра. Установлено, что последовательное увеличение заблаговременности прогноза метеополей до 132 часов не привело к заметному снижению коэффициентов корреляции между ними. Что свидетельствует о сохранении прогностического потенциала данных глобальной модели атмосферы вплоть для среднесрочных метеорологических прогнозов.

Выводы.

Полученные результаты показывают возможность использования данных полей метеорологических элементов из глобальной модели атмосферы с нарастающей заблаговременностью при прогнозировании опасных явлений погоды, моделировании гроза-градовых облаков для оперативного использования при активном воздействии на опасные явления.

Ключевые слова:

глобальная модель атмосферы, аэрологическое зондирование, заблаговременность, метеорологические параметры, коэффициент корреляции, валидация.

Kagermazov A.Kh., Federal state budgetary institution «High-Mountain geophysical institute»,
Nalchik, Russia
Sozaeva L. T.* ljk_62@rambler.ru

Validation the output data of the global model of the atmosphere on data of aerological sensing with increscent lead time

- Introduction.** To investigate dangerous weather phenomena associated with convection in the atmosphere, actual upper-air sounding data are required. However, the network of upper-air radio sounding of the atmosphere in our country cannot provide information consumers with a sufficient frequency of measurements in time and the required density of points in the country. In this work, it is proposed to use the output of the global atmospheric model GFS NCEP instead of the upper-air sounding data, which is especially important for predicting convective phenomena. The possibility of such a replacement is assessed by the methods of correlation analysis.
- Materials and methods of the research.** The research materials are the output of the global atmospheric model GFS NCEP, which includes stratified fields of meteorological elements: air temperature, dew point temperature, wind speed and direction, with an increasing lead time of 24, 48, 60, 84 and 132 hours. The actual data were obtained from the aerological sounding at the meteorological station «Mineralnye Vody» in the Central part of the North Caucasus. The degree of their coincidences was estimated by correlation analysis methods.
- The results of the study and their discussion.** In the course of the study, the correlation coefficients were obtained between the predictive (model) and actual data of air temperature, dew point temperature, wind direction and speed. It was found that a consistent increase in the lead time of forecasting meteorological fields up to 132 hours did not lead to a noticeable decrease in the correlation coefficients between them. This indicates the preservation of the predictive potential of the data of the global atmospheric model up to average term meteorological forecasts.
- Conclusions.** The results obtained show the possibility of using the data of the fields of meteorological elements from the global model of the atmosphere with increasing lead time when predicting dangerous weather phenomena, modeling thunderstorm-hail clouds for operational use with an active impact on dangerous phenomena.
- Key word:** global atmospheric model, aerological sensing, lead time, meteorological parameters, correlation coefficient, validation.

Введение

Исходными данными при прогнозировании опасных явлений погоды, проведении противогололедных работ и математическом моделировании грозо-градовых облаков до настоящего времени являлись фактические данные аэрологического зондирования. Но сеть аэрологического радиозондирования атмосферы в нашей стране довольно редкая, а на имеющихся метеостанциях частота проведения измерений недостаточна. Такое положение неблагоприятно сказывается на исследованиях, связанных с конвекцией в атмосфере. Вместе с тем в настоящее время имеются глобальные модели атмосферы, выходная продукция которых, может использоваться взамен данных фактического аэрологического зондирования [1, 2, 3]. Возможность и правомерность замены фактических аэрологических данных на поля метеоэлементов

из глобальной модели, заблаговременность которых достигает десяти суток, мало исследована. Оправдываемость и заблаговременность являются основными критериями качества прогнозов [4, 5]. На поиск решения актуальной задачи увеличения заблаговременности прогноза опасных явлений погоды направлена предлагаемая работа. Для ее решения сформированы наборы фактических и прогнозных данных значений температуры воздуха, температуры точки росы, скорости и направления ветра на различных изобарических уровнях с нарастающей, от одного до пяти суток, заблаговременностью. Далее рассчитаны корреляционные зависимости между ними методами корреляционного анализа.

Материалы и методы исследований

В настоящей работе взамен фактическому аэрологическому зондированию предлагается использовать данные глобальной системы прогнозирования GFS, разработанной национальным центром экологического прогнозирования NCEP [6]. Отличительной особенностью GFS является совместная реализация модели атмосферы, океана, суши и морского льда. Кроме того, она постоянно развивается и улучшается с целью повышения эффективности и точности прогнозов. Так, 12 июня 2019 года глобальная система прогнозирования GFS была модернизирована переходом на новый, неспектральный блок решения уравнений динамики, что привело к увеличению ее горизонтального разрешения до 9 км и улучшению навыков крупномасштабного прогнозирования.

Выходная продукция глобальной модели атмосферы включает в себя следующие поля метеорологических элементов: аэрологические уровни (мб), высоты атмосферы (м), температура воздуха (°C), температуры точки росы (°C), скорости ветра (м/с) и направления скорости ветра (град). Эти поля прогнозируются на изобарических поверхностях от 100 до 1000 мб. Информация выдается в оперативном режиме по исходным срокам 0, 6, 12, 18 часов ВСВ (Всемирное скоординированное время) и обновляется через каждые 6 часов. Дискретность по времени составляет 3 часа для заблаговременности прогноза 0–180 часов и 12 часов для заблаговременности 180–384 часа.

Для сопоставления прогнозных значений стратификации атмосферы (выходная продукция глобальной модели атмосферы) используются данные фактического зондирования атмосферы, проводимого на метеостанции «Минеральные воды», расположенного в Центральной части Северного Кавказа. На этой метеостанции аэрологический зонд запускается два раза в сутки: в 9 и 12 часов.

На рисунках 1 и 2 показаны выходные данные о стратификации атмосферы по модели GFS (аналог аэрологического зонда) и факти-

PRESS	H(MSL)	TEMP	DEW PT	W DIP	W SPD
HPA	M	C	C	DEG	M/S
957.	447.E	21.5	12.4	101.3	4.3
951.	500.E	20.9	12.1	101.9	4.8
945.	557.E	20.2	11.8	102.2	4.9
938.	621.E	19.6	11.6	104.3	5.1
931.	691.E	18.8	11.4	103.5	5.1
922.	773.E	18.0	11.1	103.5	5.2
912.	867.E	17.1	10.9	105.4	5.4
901.	965.E	16.1	10.7	104.8	5.4
889.	1083.E	15.0	10.5	103.8	5.3
874.	1224.E	13.7	10.1	106.4	5.4
860.	1363.E	12.3	9.7	108.2	5.2
843.	1527.E	11.0	9.1	112.1	4.9
823.	1722.E	9.7	8.2	113.9	4.4
804.	1917.E	8.8	6.2	120.0	3.6
782.	2152.E	8.9	2.5	136.3	2.7
758.	2407.E	8.4	-1.4	174.7	2.3
732.	2690.E	7.1	-3.1	200.4	3.2
706.	2992.E	4.9	-3.5	212.9	4.6
677.	3322.E	1.9	-4.2	221.8	5.5
647.	3687.E	-1.2	-5.4	226.0	6.2
616.	4076.E	-4.6	-7.0	220.9	7.2
584.	4492.E	-7.9	-9.3	214.8	8.8
551.	4942.E	-10.8	-12.8	218.3	13.2
517.	5419.E	-14.1	-17.0	225.4	17.6
484.	5918.E	-17.8	-20.9	226.6	20.1
450.	6450.E	-21.7	-25.2	225.0	21.8
416.	7011.E	-25.6	-31.0	224.6	24.3
384.	7533.E	-29.6	-37.3	225.3	27.3
353.	8176.E	-33.9	-43.1	226.1	30.8
323.	8794.E	-38.5	-47.6	224.8	33.4
294.	9422.E	-43.4	-51.5	222.6	37.3
267.	10063.E	-48.5	-54.3	221.1	39.7
241.	10720.E	-53.1	-58.1	222.0	41.1
217.	11390.E	-55.5	-62.1	224.9	41.2
194.	12084.E	-54.9	-66.0	228.1	38.1
174.	12809.E	-52.3	-72.2	226.3	33.4
155.	13559.E	-51.2	-77.7	225.2	31.9

Рис. 1.

Выходные данные о стратификации атмосферы по модели GFS за 01.06.2019.

Fig. 1. Output data of the atmospheric stratification based on the GFS model for 01.06.2019.

PRES	TMPC	DWPC	HGHT	DECT	SPED
972.00	27.00	10.00	314.00	260.00	1.00
949.00	22.60	4.60	525.29	204.44	1.97
925.00	21.20	6.20	749.00	145.00	3.00
905.00	19.03	5.37	935.38	90.0 0	4.00
850.00	13.00	3.00	1470.00	85.00	4.00
835.00	11.20	2.20	1619.38	87.06	4.00
814.00	9.06	1.84	1331.04	90.00	4.00
800.00	7.60	1.60	1975.21	50.35	3.55
764.00	10.00	-2.00	2356.90	305.11	2.34
756.00	9.00	-3.00	2444.34	281.05	2.07
754.00	8.81	-3.12	2466.08	275.00	2.00
700.00	3.40	-6.60	3076.00	260.00	2.00
698.00	3.18	-6.71	3099.02	260.00	2.00
648.00	-2.50	-9.50	3697.04	198.32	3.88
645.00	-2.73	-9.70	3733.41	195.00	4.00
631.00	-3.81	-10.65	3905.40	195.00	13.00
596.00	-6.63	-13.11	4352.67	230.00	14.00
580.00	-7.97	-14.29	4565.96	215.00	14.00
566.00	-9.17	-15.34	4757.47	230.00	15.00
551.00	-10.50	-16.50	4967.99	228.92	16.30
500.00	-15.70	-24.70	5710.00	225.00	21.00
443.00	-22.70	-31.70	6608.77	227.71	24.80
402.00	-26.70	-42.70	7314.13	229.39	27.84
400.00	-27.50	-43.50	7350.00	230.00	28.00
381.00	-30.90	-45.90	7697.77	229.15	29.69
340.00	-34.50	-49.50	8499.71	227.13	33.65
300.00	-42.50	-57.50	9360.00	225.00	38.00
280.00	-46.50	-60.50	9823.17	225.00	41.06
262.00	-49.08	-62.49	10261.04	225.00	44.00
250.00	-50.90	-63.90	10570.00	225.00	43.00
242.00	-52.30	-65.30	10781.50	222.94	41.35
231.00	-53.10	-66.10	11081.84	220.00	39.00
218.00	-54.10	-67.10	11455.80	225.00	39.00
207.00	-54.10	-67.10	11788.71	228.00	34.79
200.00	-53.90	-66.90	12010.00	230.00	32.00

Рис. 2.

Данные аэрологического зонда по метеостанции «Минеральные воды» за 01.06.2019.

Fig. 2. Data of the aerological sensing on the meteorological station «Mineralnye Vody» for 01.06.2019

ческого аэрологического зондирования в цифровом представлении. Оба зонда относятся к пункту «Минеральные воды» за 01.06.2019 года.

Валидация выходных данных глобальной модели атмосферы по данным аэрологического зондирования с нарастающей заблаговременностью проводится в два этапа. На первом этапе формируются наборы данных по следующим метеорологическим параметрам: температура воздуха, температура точки росы и скорость и направление ветра на различных изобарических уровнях. Первый набор данных содержит прогнозные значения параметров атмосферы по данным глобальной модели атмосферы с нарастающей заблаговременностью до проведения аэрологического зондирования. Данные составляются для каждого срока: 24, 48, 60, 84 и 132 часа. Второй набор данных содержит соответствующие фактические значения параметров атмосферы по результатам аэрологического зондирования. На втором этапе проводится оценка близости значений данных метеорологических параметров по глобальной модели атмосферы и фактического зондирования методами корреляционного анализа с помощью программного обеспечения «SPSS».

Результаты исследований и их обсуждение

Для проведения исследований рассматривались параметры опасных конвективных явлений, характерных для территории метеостанции «Минеральные воды» Центральной части Северного Кавказа, включающие в себя периоды с мая по сентябрь 2018-2019 гг. По этим датам были созданы по два набора данных значений температуры воздуха, температуры точки росы, направления и скорости ветра. Один из них составлялся по данным Глобальной модели атмосферы (прогностический), второй – по фактическим результатам аэрологического зондирования на метеостанции «Минеральные воды».

Метеорологические параметры выбирались на стандартных изобарических уровнях, равных 1000, 900, 850, 800, 700, 600, 500, 400 и 300 мб. Изобарический уровень зем соответствует уровню у земли, примерно 1000 мб. Данные глобальной модели атмосферы выбирались по тем же уровням с заблаговременностью 24, 48, 60, 84 и 132 часа.

Для наглядности строились графики фактических и прогностических значений данных параметров метеополей на различных изобарических уровнях. Так, на рисунке 3 показаны значения температуры воздуха по данным глобальной модели с заблаговременностью 60 часов (пунктирные линии) и фактические значения по данным аэрологического зондирования (сплошные линии) на уровнях Земля, 700 и 400 мб. Из рисунка заметно хорошее совпадение кривых, построенных по прогнозным и фактическим данным.

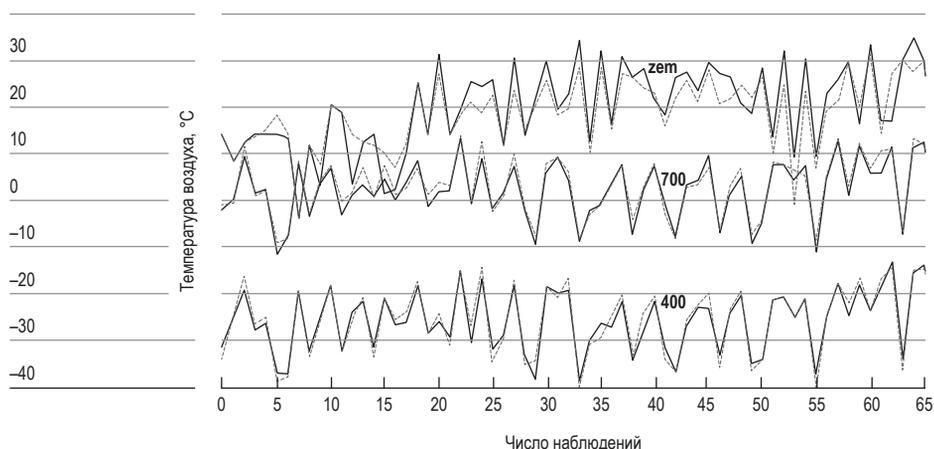


Рис. 3. Значения температуры воздуха на различных изобарических уровнях: сплошные линии – фактические данные, пунктирные линии – прогнозные данные с заблаговременностью 60 часов.

Fig. 3. Air temperature values at different isobaric levels: solid lines – actual data, dashed lines – predicted data with a 60-hour lead time.

Далее определялись коэффициенты корреляции между фактическими и прогнозными значениями данных полей метеорологических параметров на выделенных изобарических уровнях с нарастающей заблаговременностью (24, 48, 60, 84 и 132 часа) по статистической программе SPSS. В качестве примера приведены результаты корреляционной зависимости значений данных температуры воздуха с заблаговременностью 60 часов (табл. 1). На изобарическом уровне Земля коэффициент корреляции равен 0,910, на уровне 700 и 400 мб – 0,972 и 0,974 соответственно. По шкале Чеддока, эти коэффициенты свидетельствуют об очень высокой связи между прогностическими (модельными) и фактическими значениями температуры воздуха.

Аналогичные исследования были проведены для всех полей метеопараметров с нарастающей заблаговременностью.

На рисунке 4 представлены коэффициенты корреляции между прогностическими (модельными) и фактическими данными температуры воздуха, температуры точки росы, направления и скорости ветра.

Коэффициенты корреляции между прогнозными значениями температуры воздуха и соответствующими фактическими данными принимают значения в пределах $0,9 \div 0,98$, по Шкале Чеддока это означает, что связь между ними очень высокая (рис. 4 а). Такие значения коэффициента корреляции характерны для данных температуры воздуха с заблаговременностью 24, 48 и 60 часов. С увеличением за-

Таблица 1. КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ФАКТИЧЕСКИМИ И ПРОГНОЗНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА (заблаговременность 60 часов)
Table 1. Correlation between actual and predicted values of air temperature (60 hours lead time)

Критерии	Изобарические уровни								
		Tzem	TPzem		T700	TP700		T400	TP400
Корреляция Пирсона	TPzem	1	0,910(**)		1	0,972(**)		1	0,974(**)
Значимость (2-сторон)			0,000			0,000			0,000
Сумма квадратов и парных произведений		5855,3	4472,2	TP700	2615,4	2562,1	TP400	3023,7	3255,1
Ковариация		84,86	64,81		39,4	38,24		45,13	48,58
Число наблюдений		70	70		68	68		68	68
Корреляция Пирсона	Tzem	0,91(**)	1		0,972(**)	1		0,974(**)	1
Значимость (2-сторон)		0,000			0,000			0,000	
Сумма квадратов и парных произведений		4472,2	4120,9	T700	2562,1	2653,8	T400	3255,1	3690,2
Ковариация		64,81	59,72		38,24	39,61		48,584	55,077
Число наблюдений		70	70		68	68		68	68

** Корреляция значима на уровне 0,01 (2-сторон.)

благовременности до 84 часов связь несколько ухудшается, на некоторых уровнях снижаясь до заметной. При заблаговременности 132 часа коэффициенты корреляции меняются в пределах $0,9 \div 0,97$ (очень высокая связь). Такие высокие коэффициенты корреляции в этом случае обусловлены тем, что расчеты за этот срок были проведены по данным глобальной модели за 2019 год, и как было отмечено выше, в том же году была усовершенствована сама глобальная модель атмосферы.

Температура точки росы – очень изменчивый и трудно прогнозируемый параметр, хотя коэффициенты корреляции для данных с заблаговременностью 24, 48 и 60 часов принимают в среднем значения $0,71 \div 0,9$, которые соответствуют высокой степени связи между ними (рис. 4 б). Для данных с заблаговременностью 84 часа – $0,55 \div 0,85$, что означает высокую степень связи, за исключением некоторых высот, на

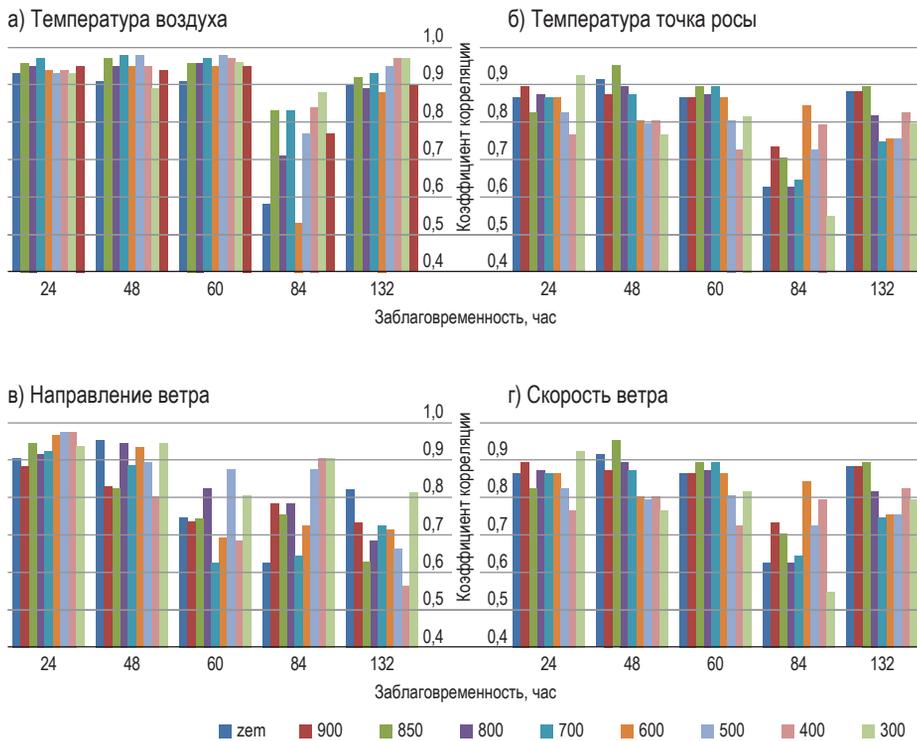


Рис. 4. Коэффициенты корреляции между прогностическими и фактическими данными метеополей на различных изобарических уровнях.

Fig. 4. Coefficients of correlation between predicted and actual data of meteorological fields at different isobaric levels.

которых корреляционная связь заметная. При увеличении заблаговременности до 132 часов коэффициенты корреляции также как для температуры воздуха улучшаются из-за усовершенствования самой глобальной модели, принимая значения $0,75 \div 0,9$ (высокая связь).

Направление ветра прогнозируется с заблаговременность 24 часа с очень высокими коэффициентами корреляции, которые варьируются в пределах $0,88 \div 0,97$ (рис. 4 в). При дальнейшем увеличении заблаговременности коэффициенты корреляции постепенно уменьшаются, принимая значения в пределах $0,7 \div 0,94$ (высокая связь) за 48 часов, $0,7 \div 0,87$ (высокая связь) за 60 часа, $0,6 \div 0,9$ за 84 часа (связь высокая и заметная) и $0,6 \div 0,8$ (связь высокая и заметная) за 132 часа.

Скорость ветра – параметр, который трудно прогнозируется у Земли, а с увеличением высоты (уменьшением изобарического уров-

ня) коэффициенты корреляции увеличиваются (рис. 4 с). Для заблаговременности 24 и 48 часов связь между прогностическими и фактическими значениями скорости ветра очень высокая ($0,9 \div 0,98$), за исключением скорости ветра у Земли. При сроке 60 часов коэффициенты корреляции варьируются в пределах $0,6 \div 0,9$, увеличиваясь с высотой (связь меняется от заметной к высокой). Для заблаговременности 84 и 132 часа связь между прогнозными и фактическими значениями меняется от умеренной у Земли до высокой с увеличением высоты, с коэффициентами корреляции $0,34 \div 0,88$ и $0,32 \div 0,71$ соответственно.

Таким образом, коэффициенты корреляции показывают, что исследуемая глобальная модель атмосферы прогнозирует значения полей метеопараметров с высокой точностью.

Выводы

В ходе исследования, выявлено хорошее совпадение фактических данных с значениями параметров атмосферы по глобальной модели, несмотря на довольно большую заблаговременность (до 132 часов). Что свидетельствует о высоком качестве выходной продукции глобальной модели GFS NCEP.

Прогнозные значения стратификации атмосферы (вместо аэрологического зонда) могут найти применение в оперативно-производственных подразделениях Росгидромета, расположенных в Центральной части Северного Кавказа, для составления прогнозов опасных явлений и элементов погоды (града). При этом важно заметить, что заблаговременность прогнозов можно увеличить до 3-х и 5-ти суток, тем самым впервые открывая возможность среднесрочного прогноза.

Кроме того, прогнозные данные глобальной модели с увеличенной заблаговременностью могут быть использованы в качестве начальных условий при расчете параметров мощных конвективных облаков, на основе их трехмерных моделей, создавая достаточный запас времени для оперативного использования результатов расчетов при активном воздействии на опасные явления. Начальные условия в этом случае будут учитывать пространственную неоднородность при их формировании в узлах сетки трехмерной области, в которой будет производиться расчет облака (Центральная часть Северного Кавказа).

Таким образом, показано, что использование выходных данных современных глобальных моделей для решения разного круга задач метеорологии вполне оправдано и имеет хорошие перспективы для развития.

Библиографический список

1. Кагермазов А.Х. Валидация выходных данных Глобальной Системы Прогнозов GFS (Global Forecasts System) с результатами аэрологического зондирования // Известия КБНЦ РАН. 2014. №3 (59). С. 32–36.
2. Кагермазов А. Х., Созаева Л. Т. Валидация выходных данных глобальной модели атмосферы, полученных с заблаговременностью до трех суток, по данным аэрологического зондирования // Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды: Материалы конференции. Санкт-Петербург: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2020. 383 с.
3. Kagermazov A. Kh., Sozaeva L. T. Validation of the output of the global atmospheric model on days with the development of dangerous convective phenomena according to aerological sounding with a two-day lead time // VIII All-Russian Conference on Atmospheric Electricity: Journal of Physics: Conference Series. 2020. №1604. doi:10.1088/1742-6596/1604/1/012011.
4. Kagermazov A. Kh. The forecast of hail based on the atmospheric global model (T254 NCEP) output data // Russian Meteorology and Hydrology. 2012. № 37. С. 165–169.
5. Kagermazov A. Kh. The Statistical Forecasting Models of a Hail for the Western Part of the North Caucasus and the Black Sea Coast Constructed on Output Production of Global System of Forecasts (GFS NCEP) // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. P. 1037-1041. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1037.
6. Официальный сайт Национальных центров экологического прогнозирования США. Центр экологического моделирования [Электронный ресурс]. <https://www.emc.ncep.noaa.gov/> (дата обращения: 01.10.2020).

References

1. Kagermazov A.Kh. Validation of the output data of the Global Forecasts System GFS (Global Forecasts System) with the results of aerological sensing // Izvestiya KBSC RAS. 2014. № 3 (59). P. 32–36.
2. Kagermazov A. Kh., Sozaeva L. T. Validation the date output of the global model of the atmosphere in days with the development of convection according to data of aerological sensing with time advance on the two-day // Problems of military-applied geophysics and control of the state of the natural environment: Conference proceedings. St. Petersburg: MCA A.F. Mozhaisky. 2020. 383 p.
3. Kagermazov A. Kh., Sozaeva L.T. Validation of the output of the global atmospheric model on days with the development of dangerous convective phenomena according to aerological sounding with a two-day lead time // VIII All-Russian Conference on Atmospheric Electricity: Journal of Physics: Conference Series. 2020. №1604. doi:10.1088/1742-6596/1604/1/012011.
4. Kagermazov A. Kh. The forecast of hail based on the atmospheric global model (T254 NCEP) output data // Russian Meteorology and Hydrology. 2012. № 37. С. 165–169.

5. Kagermazov A. Kh. The Statistical Forecasting Models of a Hail for the Western Part of the North Caucasus and the Black Sea Coast Constructed on Output Production of Global System of Forecasts (GFS NCEP) // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. P. 1037–1041. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.1037.
6. Official website of the National Centers for Environmental Prediction. Environmental Modeling Center. [Electronic resource]. <https://www.emc.ncep.noaa.gov/> (accessed: 01.10.2020).

Поступило в редакцию 19.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.

Сведения об авторах

Кагермазов Артур Хасанбиевич – заведующий лабораторией атмосферных конвективных явлений, кандидат физико-математических наук, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт». Адрес: РФ, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. Scopus ID 55185153100.
Тел.: +7 (928) 720 35 96.
E-mail: ka5408@mail.ru

Созаева Лежинка Танашевна – кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт». Адрес: РФ, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. Scopus ID 57204527832.
Тел.: +7 (928) 723 20 08.
E-mail: ljk_62@rambler.ru

About the authors

Kagermazov Artur Khasanbievich – candidate of physical and mathematical Sciences, head of the laboratory of atmospheric convective phenomena 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 55185153100.
Tel: +7 (928) 720 35 96.
E-mail: ka5408@mail.ru

Sozaeva Lezhinka Tanashevna – candidate of physical and mathematical Sciences, docent, 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.
Tel: +7 (928) 723 20 08.
E-mail: ljk_62@rambler.ru

25.00.30
УДК 551.524.3:551.524.36

МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Волкова В.И.,

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия;
stav.volkova@yandex.ru

Бадахова Г.Х.,

Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Ставрополь, Россия

Кравченко Н.А.,

Институт почвы, воды и окружающей атмосферы, Волкани Центр,

Каплан Г.Л.

г. Ришон Ле Цион, Израиль

ДИНАМИКА И СОВРЕМЕННЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ КАЛЕНДАРНОГО ЛЕТА НА СТАВРОПОЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Введение.

Работа посвящена расчету и анализу характеристик приземной температуры воздуха на Ставропольской возвышенности, которая является одним из основных элементов рельефа Центрального Предкавказья.

В конце прошлого и в самом начале настоящего веков существовало почти единодушное мнение об однозначном и повсеместном «глобальном» потеплении климата. Позднее, по мере расширения комплексности подхода, представления по проблеме значительно расширились и изменились. Однако до настоящего времени общепринятым считается, что основной причиной повышения средней годовой температуры воздуха повсеместно является потепление зимнего периода. С 1970 по 2019 год практически во все годы средняя годовая температура в Ставропольском крае имела значительную положительную аномалию, в отдельные годы превышающую климатическую норму на 2 °С в среднем по территории региона. Основной акцент настоящей статьи сделан на исследовании изменения температурного режима летнего периода и его влияния на возрастание средней годовой температуры воздуха.

Материалы и методы исследования.

По данным наблюдений метеостанции Ставрополь за 1921-2020 годы анализируются особенности многолетних изменений средней температуры воздуха за год, теплый период и календарное лето. Дается характеристика доминирующей тенденции в многолетних изменениях температуры воздуха. С помощью регрессионного анализа проводится оценка тренда изменения средних летних и месячных температур воздуха.

Результаты исследования и их обсуждение.

На базе данных за последние 20 лет проведен детальный анализ температурного режима летних месяцев, включая средние и экстремальные температуры, повторяемость дней с температурой выше/ниже определенного уровня, разброс средних месячных и сезонных температур, разность месячных экстремальных температур для каждого месяца из рассматриваемых 20 лет.

Выводы.

Показано, что имеет место повышение температуры как лета в целом, так и всех летних месяцев, дающее весомый вклад в повышение средней годовой температуры воздуха. Наиболее значительный рост температуры отмечен в XXI веке. Для практического использования предлагается широкий спектр современных температурных характеристик летнего периода.

Ключевые слова:

температура воздуха, холодный период, теплый период, лето, экстремумы, тренды.

Volkova V.I., North Caucasian Federal University, Stavropol, Russia
stav.volkova@yandex.ru
Badakhova G.Kh., Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental
Kravchenko N.A., monitoring, Stavropol, Russia
Kaplan G.L. Institute of Soil, Water and Environmental Sciences Volcani Center,
Rishon Le Tsiyon, Israel

Dynamics and Modern Temperature Regime of Calendar Summer over Stavropol Height

Introduction. The article is devoted to calculation and analysis dynamics and modern temperature regime of calendar summer of over Stavropol height, which is one the main ground features of the Central Pre-Caucasus. At the end of the last and the beginning of this century, there was almost unanimous opinion on the unique and universal «global» warming. Later, with the expansion of thematic integrated approach, the understanding of the problem has significantly enhanced and changed. To the present day the most common is an idea that the main contribution into increasing of average year air temperature gives the winter season. Within the period of 1970–2019, every year the mean annual temperature in Stavropol region showed a considerable positive anomaly, which in certain years exceeded 2°C above the climatic normal on the average across the territory of the region. The main focus of the present article is focused on the study result of the summer air temperature change and its effects on the increasing of average year air temperature.

Materials and methods of the research. Some characteristic features of air temperature variations according to the observation data of the weather station Stavropol for the period of 1921-2020 are analyzed. The characteristic of prevailing tendency of long-term air temperature variations are given. The trend of the average air temperature are estimated by the regression analysis.

The results of the study and their discussion. It was made the detail analysis temperature regime for all summer months, including of average and extreme air temperature, the frequency of days with air temperature higher/lower of certain degree, variations of months and season air temperature and temperature gradients across the absolute maximum and absolute minimum for all summer months over the last 20 years.

Conclusions. The increasing of summer air temperature and its large contribution into the increasing of average year air temperature are shown. For practical purposes it is proposed to use the wide range of modern air temperature characteristics of summer season.

Key words: temperature of air, cold period, warm period, summer, extremes, trends.

Введение

Настоящая работа посвящена расчету и анализу характеристик приземной температуры воздуха на Ставропольской возвышенности, которая является одним из основных элементов рельефа Центрального Предкавказья. В рельефе возвышенности выделяют четыре орографические зоны: Центральная гряда, Южная гряда, Бешпагирские высоты, Прикалаусские высоты. В наиболее высокой, западной части возвышенности расположен г. Ставрополь, давший на-

звание возвышенности. В среднем на Ставропольской возвышенности преобладают абсолютные высоты от 300 до 550 метров. Высшая точка не только Ставропольской возвышенности, но и всей Русской равнины – гора Стрижамент (831 м). Метеостанция Ставрополь расположена на высоте 451 м. Особенности месторасположения Ставрополя обусловили формирования климата, довольно заметно отличающегося от климата основной части территории края.

Климат Ставрополя в целом достаточно комфортен, однако наиболее возвышенная часть Ставропольской возвышенности характеризуется довольно нестабильным режимом погоды. В большей степени, конечно, это относится к переходным периодам года и таким элементам климата как осадки и ветер. Температурное поле является существенно более однородным и стабильным, однако его исследование также представляет интерес, тем более в эпоху заметного и многофакторного изменения климата, которое первоначально воспринималось исключительно как глобальное потепление [7].

Наиболее заметно потепление в северных широтах. Однако многие исследователи считают, что и в средних, и в южных широтах основной вклад в повышение средних годовых температур вносит именно рост температуры зимнего периода [4, 5, 6, 10 и др.].

В Ставропольском крае также произошло заметное повышение температурного режима зимнего периода. В [2] показано, что за 2001-2016 гг. средняя зимняя температура повысилась по сравнению с 1961-2000 гг. на 0.9° на севере края, на 0.7° в Кисловодске и на 1.1° в Ставрополе. В 2017-2020 годах отмеченная тенденция сохранилась.

Однако еще в [1] было отмечено, что повышение температуры имеет место и в теплый период года, причем это повышение настолько заметное, что с ним уже необходимо считаться, по крайней мере, в аграрном секторе экономики, и принимать меры по адаптации растениеводства в крае к новым климатическим условиям [11]. Г.Л. Каплан показал, что происходящее потепление значительно на всей территории края и некоторые ландшафты по условиям увлажнения (по соотношению тепло- и влагообеспеченности) уже могут быть отнесены к другой ландшафтной зоне [8]. Эти выводы были подтверждены дальнейшими исследованиями климата Ставрополя [3].

Материалы и методы исследований

Информационной базой для исследования явились эксклюзивные данные наблюдений метеорологической станции Ставрополь за 1951-2020 годы, а также данные Справочника по климату СССР [9]. Первичная обработка данных метеорологических наблюдений осуществлялась при помощи специальной программы PERSONA-

MISS, дальнейшая обработка проводилась посредством программы CLICOM. Климатологический анализ обработанных данных проводился стандартными методами математической статистики, принятыми в климатологии.

Результаты исследований и их обсуждения

На рисунке 1 представлены графики полувекового хода средней годовой температуры воздуха, средней температуры воздуха теплого периода года и средней температуры воздуха календарного лета, а также их линейные тренды.

Из графиков видно, что, несмотря на вариации средних температур в отдельные годы, имеет место выраженное повышение температурного фона всех трех рассматриваемых периодов.

Уравнение линейного тренда многолетнего (1971-2019 гг.) хода средней годовой температуры воздуха: $y = 0.039x + 8.626$.

Уравнение линейного тренда многолетнего (1971-2020 гг.) хода средней температуры воздуха теплого периода: $y = 0.046x + 18.00$.

Уравнение линейного тренда многолетнего (1971-2020 гг.) хода средней температуры воздуха календарного лета: $y = 0.056x + 19.81$.

Из рассчитанных уравнений тренда следует, что повышение температуры теплого периода идет более быстрыми темпами, чем средней годовой, при этом средняя температура календарного лета возрастает более существенно, чем температура теплого периода в целом. Рассмотрев отдельно последние 30 лет XX века и первые 20 лет XXI века, получим следующие уравнения линейного тренда средней летней температуры для периода 1971–2000 и для 2001–2020 гг. соответственно:

$$y = 0.025x + 20.22,$$

$$y = 0.080x + 21.36.$$

Эти уравнения показывают, что в новом веке наблюдается наиболее значительное повышение температуры воздуха в летний период.

Рассмотрение значений температуры воздуха, осредненных за другие многолетние периоды (табл. 1), также показывает, что в новом веке имеет место заметное повышение температуры воздуха во все месяцы календарного лета.

Незначительное снижение средней летней температуры в 1961-2000 годах по сравнению с данными первой половины XX века [9] произошло в основном за счет августовского похолодания, но в но-

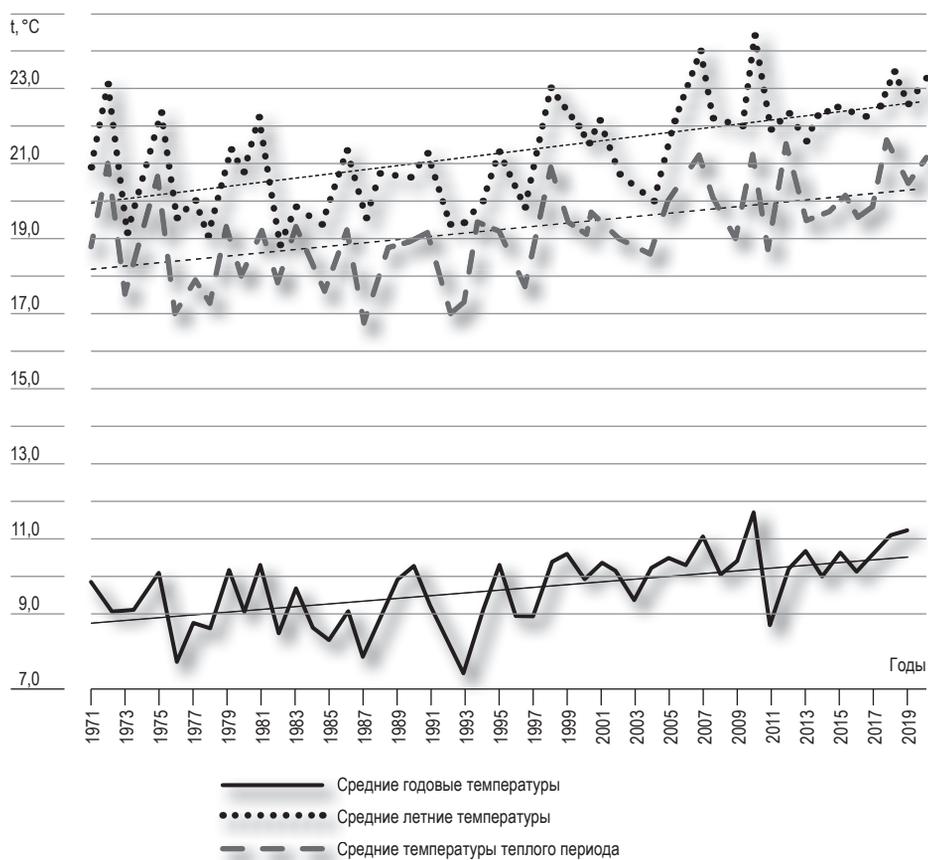


Рис. 1. Полувековой ход средних температур года, теплого периода и календарного лета.

Fig. 1. Half-century variation of average temperatures of the year, warm period and calendar summer.

Таблица 1. СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА (°C) ЛЕТНИХ МЕСЯЦЕВ И СРЕДНЯЯ ЛЕТНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА В РАЗЛИЧНЫЕ МНОГОЛЕТНИЕ ПЕРИОДЫ

Table 1. Average monthly temperature (°C) of summer months and average summer temperature in various long-term periods

Период, годы	Июнь	Июль	Август	Лето
1921–1960	19.0	21.9	21.5	20.8
1961–2000	19.0	21.8	20.9	20.6
2001–2020	20.3	23.2	23.2	22.2

Таблица 2. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА
В XXI ВЕКЕ
Table 2. Temperature characteristics of the summer period
in the XXI century

Температура воздуха, °С	Июнь	Июль	Август	Лето
Средняя месячная	20.3	23.2	23.2	22.2
Средняя максимальная	26.2	29.4	29.6	28.4
Средняя минимальная	15.2	17.4	17.1	16.6
Абсолютный максимум	36.2	38.6	39.7	39.7
Абсолютный минимум	3.8	10.3	9.0	3.8
Средний из абсолютных максимумов	32.2	35.4	35.0	34.2
Средний из абсолютных минимумов	9.6	13.2	11.9	11.6

вом веке именно в августе было зафиксировано наиболее заметное потепление.

Средняя летняя температура в новом веке составила 22.2 °С. Самым теплым было лето 2007 года со средней температурой 23.8 °С, самым прохладным – лето 2004 года со средней температурой 20.0 °С.

В таблице 2 представлены основные температурные характеристики летнего периода в XXI веке.

Перейдем к детальному рассмотрению современного температурного режима летних месяцев.

Июнь. Первый месяц лета – наименее жаркий. Средняя суточная температура воздуха иногда опускается ниже «летних» 15 °С: в среднем таких дней 2-3 в месяц. Фактически в 11 из прошедших 20 июней нового века не было ни одного дня со средней суточной температурой воздуха ниже 15 °С, а в 2002 году таких дней было 7. В среднем в июне отмечается 16 дней со средней суточной температурой воздуха не ниже 20 °С (фактически от 7 дней в 2004 году до 27 дней в 2019). В 12 годах из прошедших 20 отмечались дни со средней суточной температурой воздуха 25 °С и выше, из них 4 года приходятся на 2001-2010 годы,

8 лет – на 2011-2020 годы. Самым теплым в новом веке был июнь 2019 года: средняя месячная температура составила 23.9°C, а дней со средней суточной температурой воздуха 25°C и выше было зафиксировано 11. Самым прохладным был июнь 2004 года со средней месячной температурой воздуха 17.8°C.

Минимальная температура воздуха в июне за 20 лет лишь однажды опустилась ниже 5°C: 5 июня 2003 года она зафиксирована на уровне 3.8°C.

Ниже 10°C минимальная температура воздуха зафиксирована в 9 годах прошедшего периода: 6 – в 2011-2010, 3 – в 2011-2020 гг., по два дня в месяц.

Фактические значения по годам варьируют от 5 дней в 2019 до 23 дней в 2001 году.

Максимальные суточные температуры воздуха в июне обычно не очень высоки. В среднем за месяц отмечается 28 дней с максимальной суточной температурой выше 20°C (27 – в 2011-2010, 29 – в 2011-2020 гг.), 18 дней с максимальной суточной температурой выше 25°C (16 – в 2011-2010, 20 – в 2011-2020 гг.), 18 дней с максимальной суточной температурой выше 25°C (16 – в 2011-2010, 20 – в 2011-2020 гг.), 5-6 дней с максимальной суточной температурой выше 30°C и выше (4 – в 2011-2010, 7 – в 2011-2020 гг.). Наибольшее количество жарких дней – 19 – отмечено в 2019 году. За 20 лет в июне температура воздуха выше 35°C зафиксирована лишь дважды (в 2018 году).

Июнь был самым теплым в 2019 году со средней температурой 23.9°C, и средней максимальной температурой 30.2°C. Самым прохладным был июнь в 2004 году со средней температурой 17.8°C и средним минимумом 13.7°C. Разброс средних месячных температур составил 6.1°C.

Июль. Средняя июльская температура воздуха в новом веке составила 23.2°C, варьируя за 20 лет от 20.7°C в 2004 до 24.9°C в 2018 и 2020 годах. Средняя суточная температура воздуха ниже 15°C зафиксирована лишь дважды: по одному дню в 2009 и 2012 годах. В среднем 2-3 дня в месяц средняя суточная температура не достигает 20°C. Ежемесячно отмечается 9-10 дней со средней суточной температурой 25°C и выше. Наиболее прохладным был июль в 2003 и 2004 годах, когда таких теплых дней было всего три за месяц. Дней со средней суточной температурой выше 30°C в первом 10-летию нового века не было, а во втором их было шесть: по одному в 2015 и 2020 годах и 4 – в 2011 году.

Минимальная температура воздуха в июле в течение 3-4 дней не достигает 15°C и также в течение 3-4 дней превышает 20°C. В 2011 году минимальная суточная температура дважды была выше 25°C.

Максимальные суточные температуры воздуха в июле обычно высоки. За 20 лет зафиксировано лишь семь дней с максимальной суточной температурой ниже 20°C. Дни с максимальной суточной температурой ниже 25°C также отмечаются не часто: 2-4 раза за месяц, но в холодное лето 2004 года таких дней было 14, а в 2010, 2018 и 2020 годах не было совсем. Ежегодно в среднем в течение 13-14 дней столбик термометра превышает отметку 30°C, но в 2003 году таких дней было 4, в 2018 – 21, а в 2020 году – 24. Очень жарких дней, с максимальной температурой 35°C и более, в 8 годах из рассматриваемых 20 не было совсем, в остальные годы – от одного дня (в 6 годах) до 5 дней в 2011 и 2020 годах и 7 дней в 2001 году.

Июль был самым жарким в 2018 году со средней температурой 24.9°C, и средней максимальной температурой 30.2°C. Самым прохладным был июнь в 2004 году со средней месячной температурой 20.7°C и средним минимумом 16.2°C. Разброс средних месячных температур составил 8.7°C.

Август. В новом веке отмечено значительно повышение температурного фона в августе, результатом которого явилось то, что средние месячные температуры воздуха в августе и июле сравнялись. Только один раз (в 2001 году) средняя суточная температура воздуха опустилась ниже 15°C. Ниже 20°C средняя суточная температура воздуха в среднем опускается в течение 5-6 дней в месяц (фактически – от 0 в 2006 и 2007 до 14 дней в 2002 и 2009 годах).

Суточный минимум температуры ниже 10°C за 20 лет был зафиксирован лишь однажды (в 2011 году). Ежегодно в августе отмечается 6-7 дней с минимальной температурой ниже 15°C.

Максимальные дневные температуры в 2011-2020 гг. ни разу не были ниже 20°C. Однако в 2001 году отмечен 1 день с максимальной температурой ниже 20°C, в 2003 – два, в 2009 году – 4 дня. Ежегодно в августе в среднем в течение 26-28 дней максимальные температуры превышают 25°C, в течение 15 дней превышают 30°C. За 20 лет зафиксировано 53 дня с максимальной температурой выше 35°C. При этом в 9 годах таких температур не зафиксировано совсем, а в 2006 и 2010 годах таких дней было по 14.

Август был самым жарким в 2006 году со средней температурой 26.9°C и средней максимальной температурой 34.9°C. Нежарким был август 2009 года, когда средняя месячная температур составила 19.7°C, средняя минимальная – 10.0°C. Разброс средних месячных температур составил за 20 лет 7.2°C.

Выводы

Таким образом, проведенное исследование показывает, что на Ставропольской возвышенности имеет место повышение температуры летнего периода, сопоставимое с повышением зимних температур, и вклад календарного лета в повышение средней годовой температуры воздуха не меньше, чем вклад календарной зимы. Происходящее повышение летних температур является беспрецедентным для Ставропольской возвышенности. Подтверждением этого может служить тот факт, что к настоящему моменту уже большая часть абсолютных максимумов суточных температур, зафиксированных с 1951 года, для каждого из дней календарного лета, относится к периоду 2001-2020 гг. В августе на 50 лет XX века приходится только 8 суточных максимумов, а на 20 лет нового века – 23.

Для практического использования предлагается широкий спектр современных характеристик температурного режима календарного лета на Ставропольской возвышенности в современных климатических условиях.

Библиографический

список

1. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Агроклиматическое районирование Ставропольского края в условиях современного изменения климата // Проблемы экологической безопасности и сохранения природно-ресурсного потенциала. Мат. III межд. научно-практ. конф. Ставрополь, 2006. С. 129-132.
2. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Тенденции изменения зимних температур в Центральном Предкавказье // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований. Материалы международной научно-практ. конф. НИЦ «Академический». 2017. С. 45-48.
3. Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. Изменение режима температуры и осадков в Ставропольском крае за последние 30 лет // «Международный обмен научными знаниями, инновациями, технологиями». Сб. статей по мат. межд. научно-практ. конф. Иркутск: Алекс, 2018. С. 5-9.
4. Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А. Динамика увлажнения и теплообеспеченности в переходных ландшафтных зонах по спутниковым и метеорологическим данным в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. № 2. С. 162-172.
5. Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А. Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 2 С. 57–68.
6. Замолодчиков Д., Краев Г. Влияние изменений климата на леса России // Лес и климат. Устойчивое лесопользование. 2016, №4 (48).

7. Диневи́ч Л.А., Каплан Л.Г., Бадахова Г.Х., Каплан Г.Л. К вопросу об изменении климата // Современные наукоемкие технологии, № 2, 2013. С. 60-63.
8. Каплан Г.Л. Исследование современных изменений регионального климата и их влияния на ландшафты Ставропольского края: дис. ... канд. географ. наук, Высокотгорный геофизический институт. Нальчик, 2010. 177 с.
9. Справочник по климату СССР. Вып. 13. Ч. 2. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 492 с.
10. Тесленок С.А., Хлёвина С.Е., Тесленок К.С. Региональные проявления изменения температуры воздуха в геосистемах лесов и лесостепей правобережья Волги и Юга Западной Сибири // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф. Минск, 2015. С. 151–153.
11. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Knutas A.V. Agriculture adaptation of the south region of Russia to conditions of present climate change //VII European Conference on Applied Climatology. 2008. Holland, Amsterdam.

References

1. Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. Agroclimatic zoning of Stavropol region in the modern climatic conditions // Problems of ecological safety and preservation of nature-resource potential. Materials of III international scientifically-practical conference. Stavropol, 2006. P. 129-132. (in Russ).
2. Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. Tendencies of change of winter temperatures in Central Subcaucasus region // Actual directions fundamental and applied researches. Science-publish center «Academic». 2017. P. 45-48. (in Russ).
3. Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. The dynamic of temperature and precipitation regimes in Stavropol region at last 30 years // International knowledge, innovations and technologies exchange. Irkutsk, Apex, 2018. P. 5-9. (in Russ).
4. Vinogradova V.V., Titkova T.B., Cherenkova E.A. The dynamics of humidifying and heat supplying in transitive landscape zones on satellite and meteorological data in the XXI century beginning // Modern problems of remote sounding of the Earth from space. 2015. № 2. P. 162-172. (in Russ).
5. Golubyatnikov L.L., Denisenko E.A. The effect of climatic changes on a vegetative cover of the European Russia//News of the Russian Academy of Sciences. A series geographical. 2009. № 2. P. 57-68. (in Russ).
6. Zamolodchikov D., Kraev G. The effect of climate change on the forests of Russia // Sustainable forest management. 2016, № 4 (48). P. 23-31. (in Russ).
7. Dinevich L.A., Kaplan L.G., Badakhova G. Kh., Kaplan G.L. The issue of climate change // Modern High Technologies. 2013, P. 60-63. (in Russ).

8. Kaplan G.L. Research of modern changes of a regional climate and their influence on landscapes of Stavropol Territory: the dissertation on a rank of the candidate of geographical sciences, High-mountainous geophysical institute. Nalchik, 2010. 177 p. (in Russ).
9. Handbook on the Climate of the USSR, No 13, P. 2. Temperature of air and surface soil. L.: Hydrometeorological publishers, 1966. 492 p. (in Russ).
10. Teslenok S.A., Khlevina S.E., Teslenok K.S. Regional displays of air temperature changes in the geosystems of forests and forest-steppe on the right bank of the Volga and the South of Western Siberia // Problems of hydrometeorological support of economic activity in a changing climate: materials of the International scientific conference/ Minsk, 2015. P. 151-153. (in Russ).
11. Badakhova G.Kh., Kaplan G.L., Knutas A.V. Agriculture adaptation of the south region of Russia to conditions of present climate change. – VII European Conference on Applied Climatology. 2008. Holland, Amsterdam.

**Поступило в редакцию 30.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020.**

Сведения об авторах

- Волкова** Валентина Ивановна – Кандидат физико-математических наук, доцент, и.о. декана физико-технического факультета. Северо-Кавказский федеральный университет.
Телефон (8652) 33-02-92.
E-mail: stav.volkova@yandex.ru
- Бадахова** Галина Хамзатовна – ведущий метеоролог. Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
Телефон (8652) 29-44-20.
E-mail: badahovag@mail.ru
- Кравченко** Нелли Анатольевна – начальник центра. Ставропольский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.
Телефон (8652) 29-44-21.
E-mail: stameteo@rambler.ru
- Каплан** Григорий Львович – кандидат географических наук, старший инженер-исследователь. Институт наук о почве, воде и окружающей среде, Волкани Центр, Израиль.
Телефон 54-327-8994
E-mail: tomcater14@gmail.com

About the authors

- Volkova** Valentina Ivanovna – PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, Head of physical-technical department. North Caucasian Federal University. Phone (8652) 33-02-92.
E-mail: stav.volkova@yandex.ru
- Badakhova** Galina Khamzatovna – Main meteorologist. Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental monitoring.
Phone (8652) 29-44-20.
E-mail: badahovag@mail.ru
- Kravchenko** Nelli Anatolievna – Chief of Center. Stavropol center on Hydrometeorology and Environmental monitoring.
Phone (8652) 29-44-21.
E-mail: stameteo@rambler.ru
- Kaplan** Gregoriy – PhD in Geography, Senior Research Engineer, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Volcani Center, Rishon Le Tsiyon, Israel.
Phone 54-327-8994.
E-mail: tomcater14@gmail.com

25.00.36
УДК 504.4.054

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Атабиева Ф.А.,

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»,
atabieva0812@mail.ru,

Геккиева С.О.

г. Нальчик, Россия
sgekkieva@list.ru

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МАРГАНЦА И МОЛИБДЕНА В ВОДЕ РЕК БАСЕЙНА Р. ТЕРЕК

Введение: проведение многолетнего мониторинга качества поверхностных вод на конкретной территории выявляет региональные особенности формирования химического состава природных вод и диапазоны количественных характеристик изучаемых соединений загрязняющих веществ.

Материалы и методы исследований:

в работе изучается многолетняя изменчивость (2005–2019 гг.) уровня содержания растворенных форм соединений марганца и молибдена в воде четырех рек: Терек, Малка, Баксан, Черек. Выбор указанных соединений металлов обусловлен предположением о их значительном содержании в горных породах, слагающих водосборный бассейн р. Терек и активным их участием в геохимических процессах. Определение уровня содержания растворенных форм указанных соединений проводилось атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М». Для математико-статистической обработки данных применялась программа Excel.

Результаты исследований

и их обсуждение: результаты анализа, представленные, в таблице 1 показывают, что диапазон колебаний концентраций соединений указанных металлов в исследуемых объектах и в среднем и нижнем течении различаются. Этот показатель является важной характеристикой ряда и дает первое общее представление о различии показателей внутри совокупности. Выявленные уровни содержания соединений тяжелых металлов (ТМ) в воде рек за исследуемый многолетний период иллюстрированы гистограммами.

Выводы:

в воде рек Баксан, Терек, Малка, Черек за период 2013-2019 гг. характерна тенденция к возрастанию уровня для содержания соединений марганца, как в среднем, так и в нижнем течении. Превышение предельно допустимых концентраций растворенных форм соединений марганца и молибдена, связано в основном с особенностями литологического строения водосборных бассейнов. Повышенные значения содержания молибдена наблюдаются в воде р. Баксан в среднем течении, что объясняется расположением на территории водосбора реки хвостохранилища горно-обогатительного комбината.

Ключевые слова.

Бассейн реки Терек, соединения марганца и молибдена, загрязнение, среднее и нижнее течение.

Atabieva F.A., Federal State Budgetary Institution
atabieva0812@mail.ru,
Gekkieva S.O. "High Mountain Geophysical Institute", Nalchik, Russia
sgekkieva@list.ru

Assessment of the Content Level of Manganese and Molybdenum Compounds in the Water of the Rivers of the River Basin Terek

Introduction: Long-term monitoring of the quality of surface waters in a specific area reveals regional features of the formation of the chemical composition of natural waters and the ranges of quantitative characteristics of the studied compounds of pollutants.

Materials and methods

of the research: The work studies the long-term variability (2005 - 2019) of the content of dissolved forms of manganese and molybdenum compounds in the water of four rivers: Terek, Malka, Baksan, Cherek. The choice of these metal compounds is due to the assumption of their significant content in the rocks that make up the drainage basin of the Terek River and their active participation in geochemical processes. Determination of the content level of the dissolved forms of these compounds was carried out by the atomic absorption method using a spectrometer with electrothermal atomization "MGA-915M". Excel was used for mathematical and statistical data processing.

The results of the study

and their discussion: The results of the analysis presented in Table 1 show that the range of fluctuations in the concentrations of the compounds of these metals in the studied objects and in the middle and lower reaches are different. This indicator is an important characteristic of the series and provides the first general idea of the difference in indicators within the population. The revealed levels of the content of heavy metal compounds (HM) in the water of rivers for the studied long-term period are illustrated by histograms.

Conclusions:

In the water of the Baksan, Terek, Malka, Cherek rivers for the period 2013-2019, there is a tendency towards an increase in the level for the content of manganese compounds, both in the middle and in the lower reaches. Exceeding the maximum permissible concentrations of dissolved forms of manganese and molybdenum compounds is mainly associated with the peculiarities of the lithological structure of the catchment basins. Increased values of the content of molybdenum are observed in the water of the Baksan river in the middle course, which is explained by the location of the tailing dump of the mining and processing plant in the catchment area of the river.

Key words:

Basin of the Terek river, manganese and molybdenum compounds, pollution, middle and lower reaches.

Введение

Во всем мире резко возросло воздействие человека на окружающую среду, и стало очевидным, что бесконтрольная эксплуатация природы приводит к весьма серьезным негативным последствиям. Состояние биосферы изменяется под влиянием естественных и антропогенных воздействий. Однако есть существенное различие в результатах таких воздействий: состояние биосферы, непрерывно меняющееся под влиянием естественных причин, как правило, возвращается в первоначальное состояние, а если говорить о воздействии человека на экосистему, то оно может привести к серьезным необратимым проблемам для определенных подсистем природной среды.

Показателем по масштабу возможного воздействия на природную среду, где возможна значительная антропогенная перестройка экосистемы, являются открытые водные объекты. Водные элементы среды во многом определяют состояние среды в целом. Среди множества токсикантов, попадающих в природные воды, особое значение имеют соединения тяжелых металлов (ТМ). Активно включаясь в миграционные циклы, они аккумулируются в различных компонентах водных экосистем. Особая опасность соединений ТМ заключается в том, что, в отличие от токсикантов органической природы, в большей или меньшей степени разлагающихся в природных водах, ТМ в них стабильны и изменяют только свои формы нахождения, сохраняются в ней длительное время даже после устранения источника загрязнения [1].

Материалы и методы исследований

В данной статье представлены результаты исследований содержания соединений марганца и молибдена в воде рек бассейна р. Терек (р. Черек, р. Малка, р. Баксан). Река Терек представляет собой большой интерес для экологического мониторинга, т.к. бассейн реки охватывает весь Северный Кавказ (площадь водосборного бассейна – 43 200 км², длина реки – 623 км). Река Терек протекает по территориям Грузии, Северной Осетии, Кабардино-Балкарии, Ставропольского края, Чечни и Дагестана.

Река Терек берёт свое начало на склоне Главного Кавказского хребта в Труссовском ущелье, из ледника горы Зилга-Хох на высоте 2713 м над уровнем моря. Впадает в Аграханский залив и Каспийское море, образуя дельту площадью около 4000–6000 км². Река Терек протекает по трем геоморфологическим зонам: горной, предгорной и равнинной.

В работе изучается многолетняя изменчивость, уровня содержания соединений тяжелых металлов, таких как марганец и молибден, в воде рек бассейна р. Терек. Выбор указанных соединений металлов обусловлен предположением об их значительном содержании в гор-



Рис. 1. Бассейн реки Терек.
Fig. 1. Terek river basin.

ных породах, слагающих водосборный бассейн р. Терек и активным их участием в геохимических процессах. Необходимость такого рода исследований связана с оценкой уровней их содержания в процессе их распределения по течению рек.

Река Малка – самый большой левобережный приток Терека: длина реки 200 км, площадь водосбора 10 500 км².

Малка берет начало из ледников северного склона Эльбруса и имеет горный характер течения. Площадь оледенения в бассейне реки достигает 593 км², что составляет около 6 % от общей площади водосбора.

Длина р. Баксан составляет 169 км, площадь водосборного бассейна – 6800 км². Баксан берет свое начало из ледников в районе Эльбруса, имеет множество притоков, наиболее крупными из которых являются реки Черек и Чегем.

Река Черек образуется от слияния рек Черек Безенгийский и Черек Балкарский, берущих начало на ледниках северного склона Главного Кавказского хребта. Длина реки 79 км, водосборная площадь 3070 км² [2]. Как было указано выше, истоки исследуемых рек сосредоточены в высокогорной зоне, на ледниках Большого Кавказа, в связи, с чем микроэлементный состав воды этих рек в значительной мере определяется степенью взаимодействия воды с горной породой [3].

В работе проанализированы многолетние данные об уровне содержания соединений молибдена и марганца в воде четырех рек (2005–

2019 гг). Пункты наблюдений расположены в предгорной и равнинной зоне (с. Эльхотово, с. Хамидие, с. Кашхатау, ст. Октябрьская, с. Малка, г. Прохладный, с. Исламей). При отборе проб фиксировали температуру воздуха, воды и прозрачность. Консервацию проб осуществляли азотной кислотой. Определение концентраций соединений молибдена и марганца проводилось атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М» [4]. При оценке уровня загрязненности поверхностных вод использованы нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [5]. Для математико-статистической обработки данных применялась программа Excel [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Многолетняя изменчивость уровня содержания соединений молибдена и марганца в среднем и нижнем течении рек рассмотрена по диапазонам колебаний концентраций, медианным значениям концентрации и размаху ряда наблюдений в летний дождевой паводок (табл. 1). Как видно из таблицы 1, диапазон колебаний концентраций соединений указанных металлов в среднем течении и нижнем различаются. Этот показатель является важной характеристикой ряда и дает первое общее представление о различии показателей внутри совокупности [5].

Соединения молибдена (Mo) попадают в поверхностные воды в результате выщелачивания их из экзогенных минералов, содержащих молибден. Молибден попадает в водоемы также со сточными водами обогатительных фабрик, предприятий цветной металлургии. Понижение концентраций соединений молибдена происходит в результате выпадения в осадок труднорастворимых соединений, процессов адсорбции минеральными взвесями и потребления растительными водными организмами.

В поверхностные воды марганец (Mn) поступает в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих марганец (пиролозит, псиломелан, браунит, манганит, черная охра). Значительные количества марганца поступают в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений. Соединения марганца выносятся в водоемы со сточными водами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и с шахтными водами. Факторами, определяющими изменения концентраций марганца, являются соотношение между поверхностным и подземным стоком, интенсивность потребления его при фотосинтезе, разложение фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности, а также процессы осаждения его на дно водных объектов.

ТАБЛИЦА 1. ВЕРОЯТНОСТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ СОЕДИНЕНИЙ МОЛИБДЕНА И МАРГАНЦА (МКГ/Л) В ВОДЕ РЕК В СРЕДНЕМ И НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ, В ЛЕТНИЙ ДОЖДЕВОЙ ПАВОДОК
Table 1. Probabilistic variability of the concentrations of molybdenum and manganese compounds ($\mu\text{g} / \text{l}$) in river water in the middle and lower reaches, during summer rainfall

Ингредиент	Среднее течение				Нижнее течение			
	Хср	Х50	Хмин-Хмакс	N	Хср	Х50	Хмин-Хмакс	N
	Река Терек, с. Эльхотово				Река Терек, с. Хамидие			
Mo	0,41	0,35	0,1–1,1	15	0,44	0,47	0,1–1,1	4
Mn	12,42	11,83	0,87–30,66	15	8,00	4,06	1,12–27,21	14
		Р. Черек	С. Кашхатау			Р. Черек	Ст. Октябрьское	
Mo	0,79	0,44	0,1–6,04	15	0,68	0,41	0,1–0,68	15
Mn	7,22	5,26	1,48–22,83	15	7,29	4,74	0,1–27,64	15
	Река Малка, с. Малка				Река Малка, город Прохладный			
Mo	0,30	0,27	0,1–0,64	15	1,00	0,66	0,1–4,58	15
Mn	7,61	3,69	0,1–47,83	15	10,80	4,49	0,1–69,35	15
	Река Баксан, с. Исламей				Река Баксан, город Прохладный			
Mo	2,59	2,14	0,32–8,30	15	1,35	0,61	0,1–4,94	15
Mn	9,15	3,47	0,1–55,90	15	10,92	3,67	0,1–58,30	15

Примечание. Жирным шрифтом выделены средние концентрации, превышающие ПДК_{рх}.

В воде рек Терек и Черек значения средних концентраций соединений **Mo** в среднем и нижнем течении изменяются незначительно. В воде р. Баксан вниз по течению средняя концентрация молибдена значительно уменьшается, что очевидно связано с коэффициентом водной миграции элемента, характеризующий миграционную способность элементов в ландшафте. Уменьшение средней концентрации молибдена вниз по течению реки, возможно, связано с характерной особенностью водного объекта – способностью «мобилизовать силы», которые противодействуют нарушению природных условий и стремятся вернуть всю систему в первоначальное состояние [7, 8]. Также вниз по течению с изменением гидрологических характеристик и соотношения типов питания рек происходит переход растворенных

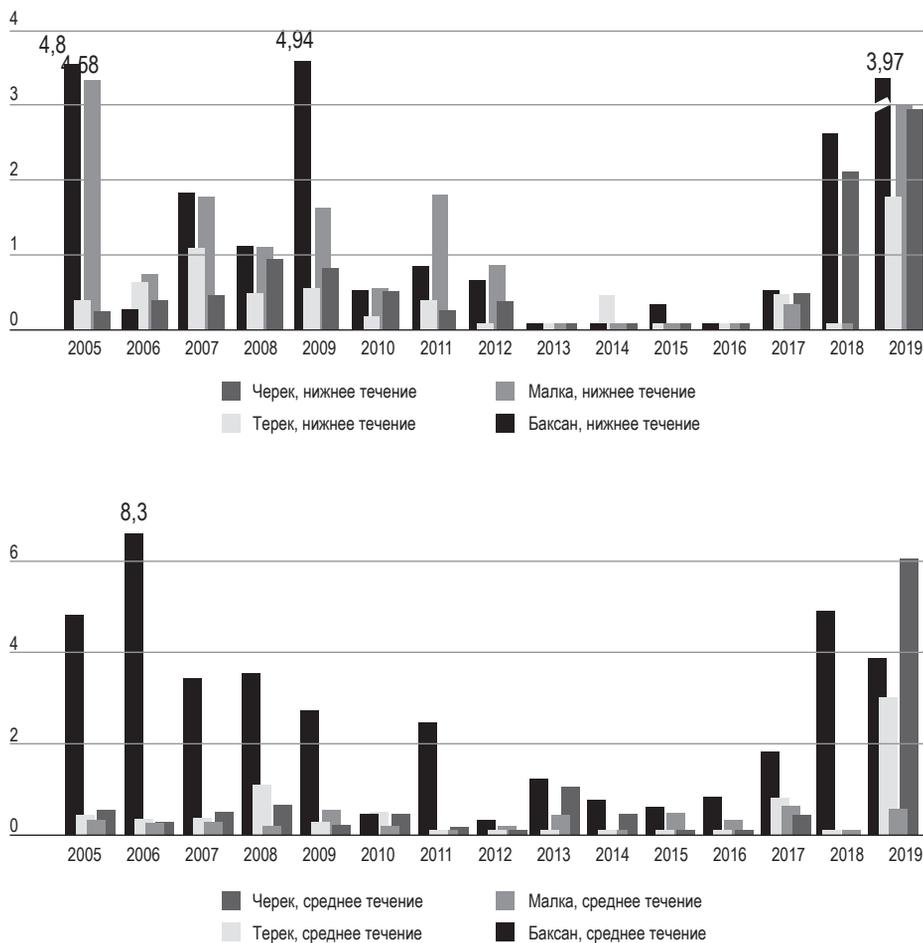


Рис. 2. Многолетняя изменчивость концентрации соединений молибдена (мкг/л) в воде рек Баксан, Терек, Малка, Черек.
 Fig. 2. Long-term variability of the concentration of molybdenum compounds ($\mu\text{g} / \text{l}$) in the water of the Baksan, Terek, Malka, Cherek rivers.

форм соединений тяжелых металлов в донные отложения. Уровень содержания соединений молибдена в воде р. Малка значительно выше в нижнем течении реки, что возможно объясняется приносом их водой р. Баксан, так как р. Баксан в нижнем течении впадает в р. Малка.

За последние 6 лет было отмечено возрастание концентраций соединений **Mn** во всех реках, как в среднем, так и в нижнем течении (рис. 3).

Выводы

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что концентрация растворенных форм соединений молибдена и марганца в пробах воды характеризуется неоднородностью. В во-

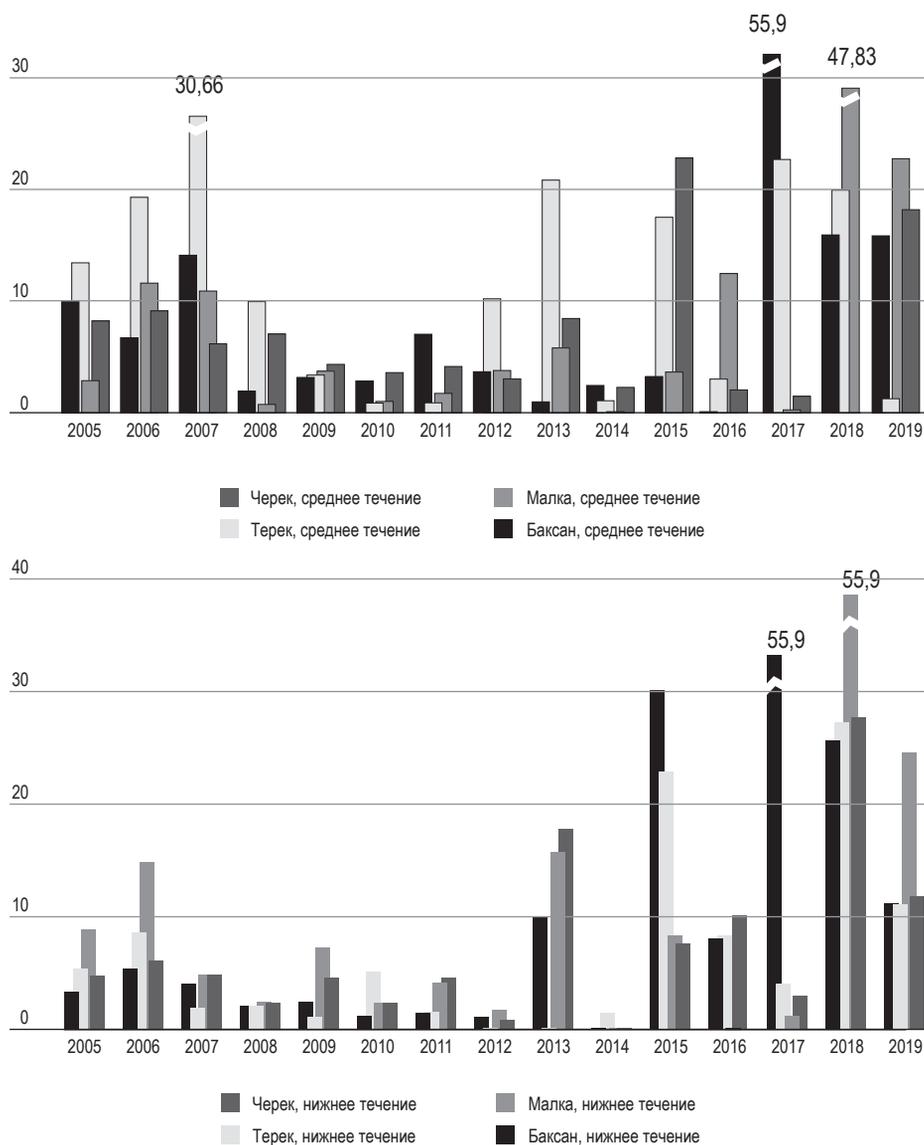


Рис. 3. Многолетняя изменчивость концентрации соединений марганца (мкг/л) в воде рек Баксан, Терек, Малка, Черек.

Fig. 3. Long-term variability of the concentration of manganese compounds ($\mu\text{g} / \text{L}$) in the water of the Baksan, Terek, Malka, Cherek rivers.

де рек Баксан, Терек, Малка, Черек за период 2013-2019 гг. характерна тенденция к возрастанию уровня для содержания соединений марганца, как в среднем, так и в нижнем течении.

Загрязнение воды рек (Терек, Малка, Черек) соединениями тяжелых металлов имеет в основном природный характер. Это объясняется вертикальной зональностью территории, многообразием подсти-

лающих горных пород и почв водосборных площадей, которые определяют повышенное содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа ледникового происхождения.

Превышающие значения предельно допустимых концентраций молибдена наблюдаются в воде р. Баксан в среднем течении, что объясняется расположением на территории водосбора р. Баксан хвостохранилища ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат».

Одним из природных факторов, который может существенно изменить концентрацию химических элементов в водных системах, является режим атмосферных осадков. В засушливые годы за счет снижения уровня воды происходит увеличение концентраций химических элементов, а в дождливые годы, наоборот, их разбавление.

Библиографический список

1. Безуглова О.С., Орлов Д.С. Биогеохимия. Ростов на Дону: «Феникс», 2000.
2. Ресурсы поверхностных вод суши. Том 8. Северный Кавказ / Под ред. канд.геогр.наук В.В. Куприянова. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 448 с.
3. Газаев Х.-М.М., Атабиева Ф.А., Кучменова И.И., Жинжакова Л.З. Особенности формирования химического состава воды ледниковой реки Черек-Безенгийский. // Вода: химия и экология. 2016. №3 (93). С. 73-77.
4. ПНД Ф 14.1:2.253-09. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn в природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915». М., 2009.
5. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Текст] / Приказ Росрыболовства от 13 декабря 2016 г. № 552 (с изменениями на 12 октября 2018 года).
6. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика, 2001. 480
7. Atabieva F., Gekkieva. Seasonal variability of the content of heavy metal compounds in the water of rivers in the foothills of the Central Caucasus. S.//IOP:// IOP Science.iop.org/artile/10.1088/1757-899x/913/5/052055.2020.
8. Геккиева С.О., Будаев А.Х. Моделирование сезонной изменчивости ПДС тяжелых металлов в открытых водоемах в системе экологического мониторинга. Журнал «Символ науки», ISSN 2410-700 X, №6 / 2020,с.148-152. <https://os-russia.com/SB-ORNIKI/SN-2020-06.pdf>.

References

1. Bezuglova O.S., Orlov D.S. Biogeochemistry. Rostov on Don: "Phoenix", 2000.
2. Land surface water resources. Volume 8. North Caucasus / Ed. Candidate of Geographical Sciences V.V. Kupriyanov. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 448 p.
3. Gazaev H.- M.M., Atabieva F.A., Kuchmenova I.I., Zhinzhakova L.Z. Features of the formation of the chemical composition of the water of the glacial river Cherek-Bezengiyskiy. // Water: chemistry and ecology. 2016. No.3 (93). p. 73-77.
4. PND F 14.1: 2.253-09. Technique for measuring mass concentrations of Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn in natural and waste waters by the method atomic absorption spectroscopy using an atomic absorption spectrometer with electrothermal atomization "MGA-915". M., 2009.
5. The list of water quality standards for fishery water bodies, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies [Text] / Order of the Federal Agency for Fishery of December 13, 2016 No. 552 (as amended on October 12, 2018).
6. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. General theory of statistics. Moscow: Finance and Statistics, 2001. 480 p.
7. Atabieva F., Gekkieva. Seasonal variability of the content of heavy metal compounds in the water of rivers in the foothills of the Central Caucasus. S.//IOP:// IOP Science.iop.org/artile/10.1088/1757-899x/913/5/052055.2020.
8. Gekkieva S.O., Budaev A.Kh. Modeling the seasonal variability of the MPD of heavy metals in open water bodies in the environmental monitoring system. Journal "Symbol of Science", ISSN 2410-700 X, No. 6/2020, p.148-152. <https://os-russia.com/SBORNIKI/SN-2020-06.pdf>.

Поступило в редакцию 23.11.2020, принята к публикации 01.12.2020

Сведения об авторах

- Атабиева** Фатима Адраевна, канд. хим. н., завед. лабор. Аналитической химии ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 2. E-mail: atabieva0812@mail.ru
- Геккиева** Сафият Омаровна, канд.ф.-м.н., снс ЛМФО ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 2, Researcher ID 57214244669. Тел.: 8(928) 69-36-444, E-mail: sgekkieva@list.ru

About the authors

- Fatima** Atabieva, cand. chem., head. lab. analytical chemistry of the Federal State Budgetary Institution "High Mountain Geophysical Institute", Russia, KBR, 360000, Nalchik, Lenin Ave., 2
E-mail: atabieva0812@mail.ru
- Safiyat** Gekkieva, candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Microphysics of Clouds of the Federal State Budgetary Institution "High-Mountain Geophysical Institute", Russia, KBR, 360000, Nalchik, Lenin Ave., 2, Researcher ID 57214244669. Tel: 8(928) 69-36-444. E-mail: sgekkieva@list.ru

25.00.36
УДК 615.32

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Пелихович Ю.В.,
Бегдай И.В.,
Харин К.В.,
Цесарь Т.А.

Северо-Кавказский федеральный университет,

г. Ставрополь, Россия

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ И ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ИХ УПОТРЕБЛЕНИИ

Введение.

Во многих растениях содержатся химические вещества, которые оказывают физиологическое действие на организм человека. В современной научной медицине их значение трудно переоценить. Среди причин риска медицинского применения лекарственных растительных препаратов Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) названа возможность их загрязнения токсичными веществами.

Материалы и методы исследований.

В качестве объектов исследования были взяты лекарственные формы растений, приобретенные в аптечной сети: крапива двудомная, солодка гладкая, тимьян ползучий или чабрец, шиповник майский, боярышник, подорожник большой. В качестве информативных показателей выбраны концентрации свинца, кадмия, цинка и меди. В ходе исследований было определено содержание тяжелых металлов в сухом растительном сырье, далее была осуществлена водная экстракция растительного сырья согласно инструкциям, прилагаемым к лекарственным растениям и приготовлены средства в виде настоев, которые также были исследованы на содержание тяжелых металлов. Пробоподготовку анализируемого ЛРС и отваров проводили по методу сухой минерализации. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Определение концентраций тяжелых металлов проведено методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрометре с атомизацией в пламени iCE 3300 (Thermo Scientific, США).

Результаты исследований и их обсуждение.

Отечественное лекарственное растительное сырье, в отличие от сырья из стран Европы и Америки, преимущественно заготавливается от дикорастущих лекарственных растений. Потенциальный риск загрязнения дикорастущих растений выше, чем выращенных под контролем человека. Следует отметить, что в большинстве случаев производитель не предоставляет информацию о месте сбора лекарственных растений, что существенно затрудняет сравнение содержания нормируемых элементных токсикантов в дикорастущих и окультуренных растениях. Для оценки уровня содержания тяжелых металлов в сухой пробе нами были использованы предельно допустимые концентрации, установленные для лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов по свинцу и кадмию, и ПДК для сухих овощей и фруктов по цинку и меди. Для определения содержания тяжелых металлов в водной экстракции (отварах) использовались ПДК в жидких БАДах на растительной основе (чаях, эликсирах, настойках).

Выводы.

В работе определено содержание тяжелых металлов в аптечных препаратах 6 видов лекарственных растений. Во всех изученных образцах лекарственных трав и водных экстрактах на их основе содержатся тяжелые металлы. Содержание цинка, меди, свинца и кадмия во всех исследованных образцах лекарственного растительного сырья не превышает ПДК. Рассчитаны процент перехода тяжелых металлов из сухого лекарственного растительного сырья в отвары и оценены риски, возникающие при употреблении водных экстракций исследуемых образцов.

Ключевые слова:

лекарственные растения, тяжелые металлы, нормирование токсичных веществ, оценка рисков, коэффициент опасности.

Pelikhovich Yu.V.,
Begday I.V.,
Kharin K.V.,
Tsesar T.A. North-Caucasus Federal University,
Stavropol, Russia

Heavy Metal Accumulation in Medicinal Plants and Risk Assessment

Introduction. Many plants contain chemicals that have a physiological effect on the human body. In modern scientific medicine, their importance can hardly be overestimated. Among the reasons for the risk of medical use of herbal medicines, the World Health Organization (WHO) named the possibility of their contamination with toxic substances.

Materials and methods of the research. As objects of research, we took medicinal forms of plants purchased in the pharmacy network: stinging nettle, licorice smooth, creeping thyme or thyme, wild rose, hawthorn, plantain. Concentrations of lead, cadmium, zinc and copper were selected as informative indicators. In the course of the research, the content of heavy metals in dry plant materials was determined, then water extraction of plant materials was carried out according to the instructions attached to medicinal plants and preparations were prepared in the form of infusions, which were also tested for the content of heavy metals. Sample preparation of the analyzed medicinal plant raw materials and decoctions was carried out by the method of dry mineralization. Determination of the content of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials and medicinal herbal preparations. The concentration of heavy metals was determined by atomic absorption spectrometry on an iCE 3300 flame atomization spectrometer (Thermo Scientific, USA).

The results of the study and their discussion. Domestic medicinal plant raw materials, in contrast to raw materials from European and American countries, are mainly procured from wild medicinal plants. The potential risk of contamination of wild plants is higher than that of those grown under human control. It should be noted that in most cases the manufacturer does not provide information on the place of collection of medicinal plants, which makes it difficult to compare the content of standardized elemental toxicants in wild and cultivated plants. To assess the level of heavy metals in a dry sample, we used the maximum permissible concentrations established for medicinal plant materials and herbal medicinal preparations for lead and cadmium, and the MPC for dry vegetables and fruits for zinc and copper. To determine the content of heavy metals in water extraction (decoctions), MPCs were used in liquid plant-based dietary supplements (teas, elixirs, tinctures).

Conclusions. The work determined the content of heavy metals in pharmaceutical preparations of 6 species of medicinal plants. All studied samples of medicinal herbs and aqueous extracts based on them contain heavy metals. The content of zinc, copper, lead and cadmium in all studied samples of medicinal plant raw materials does not exceed the MPC. The percentage of transition of heavy metals from dry medicinal plant materials to decoctions was calculated and the risks arising from the use of aqueous extractions of the studied samples were evaluated.

Key words: medicinal plants, heavy metals, standardization of toxic substances, risk assessment, hazard coefficient.

Введение

Во многих растениях содержатся химические вещества, которые оказывают физиологическое действие на организм человека. В современной научной медицине их значение трудно переоценить. Среди причин риска медицинского применения лекарственных растительных препаратов Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) названа возможность их загрязнения токсичными веществами. Лекарственное растительное сырье (ЛРС) так же, как и пищевые продукты, могут являться одним из источников поступления ряда вредных веществ, и прежде всего тяжелых металлов (ТМ), в организм человека [Терешкина и др., 2011].

В ряде документов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечена важность разработки национальных требований к содержанию чужеродных токсичных и потенциально опасных веществ в лекарственных растениях и препаратах на их основе с целью повышения безопасности их применения [WHO, 2007]. Проблема нормирования содержания токсичных веществ в лекарственных растениях и препаратах на территории Российской Федерации до настоящего времени полностью не решена, хотя в этом направлении проводится определенная работа.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования были взяты лекарственные формы растений, приобретенные в аптечной сети (таблица 1). Всего было исследовано 6 различных видов лекарственных растений: крапива двудомная (*Urtica dioica*), солодка гладкая (*Glycyrrhiza glabra*), тимьян ползучий или чабрец (*Thymus serpyllum L.*), шиповник майский (*Rosa majalis*), боярышник (*Crataegus*), подорожник большой (*Plantago major*). Выбор для исследований названных препаратов обусловлен не только их широким применением, но и особенностями их лечебных свойств.

В качестве информативных показателей выбраны концентрации свинца, кадмия, цинка и меди. В ходе исследований было определено содержание ТМ в сухом растительном сырье, далее была осуществлена водная экстракция растительного сырья согласно инструкциям, прилагаемым к лекарственным растениям и приготовлены средства в виде настоев, которые также были исследованы на содержание тяжелых металлов. Данный выбор химических элементов объясняется тем, что их соединения отличаются распространенностью, токсичностью и способностью к биоаккумуляции. Хорошая растворимость подобных соединений способствует высокой миграционной способности.

Таблица 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОГО ЛРС
Table 1. General characteristics of the investigated medicinal plant materials

Наименование препарата	Лекарственная форма	Фармакологическое действие	Производитель
Чабрец	Трава измельченная	Отхаркивающее и противомикробное действие	ООО ПКФ «Фитофарм» г. Анапа
Боярышник	Плоды цельные	Кардиотоническое, спазмолитическое, седативное действие, нормализует показатели свертываемости крови	ООО ПКФ «Фитофарм» г. Анапа
Шиповник майский	Плоды цельные	Повышает неспецифическую резистентность организма, усиливает регенерацию тканей, способствует синтезу гормонов, уменьшению проницаемости сосудов	ООО «Камелия-ЛТ» Московская область, г. Дзержинский
Крапива двудомная	Листья измельченные	Сосудосуживающее, желчегонное, витаминизирующее, мочегонное и противовоспалительное действие	ООО «Камелия-ЛТ» Московская область, г. Дзержинский
Подорожник большой	Листья измельченные	Усиление секреции бронхиальных желез, муколитическое, противовоспалительное действие, стимулирование выработки желудочного сока	ООО Фирма «Здоровье», г. Москва
Солодка гладкая	Корни измельченные	Отхаркивающее и противовоспалительное действие	ЗАО «Иван-Чай», г. Москва

Содержание химических элементов исследовалось на базе НУЛ «Экоаналитическая лаборатория» Северо-Кавказского федерального университета. Определение концентраций тяжелых металлов проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре с атомизацией в пламени iCE 3300 (Thermo Scientific, США).

Пробоподготовку анализируемого ЛРС и отваров проводили по методу сухой минерализации в соответствии с ОФС.1.5.3.0009.15 Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах.

Измельченное растительное сырье перемалывали с помощью блендера в однородный порошок и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Испытуемые образцы массой 1 г (точная навеска) помещали в фарфоровый тигель, смачивали 1,5 мл концентрированной серной кислоты и нагревали на электрической плитке до полного обугливания. Затем тигель охлаждали до комнатной температу-

ры и прибавляли к его содержимому 1 мл концентрированной азотной кислоты и 5 капель концентрированной серной кислоты. После этого осторожно нагревали на электрической плитке до исчезновения бурых паров, избегая разбрызгивания, потом усиливали нагрев до исчезновения плотных белых паров. Затем тигель помещали в муфельную печь и прокаливали при температуре около 500 °С до получения зольного остатка. После чего тигель охлаждали до комнатной температуры и к его содержимому приливали 10 мл азотной кислоты раствора 1 М, и нагревали содержимое тигля в течение 10–15 минут. После охлаждения растворы фильтровали через фильтр «синяя лента» в мерные колбы объемом 25 см³ и доводили до метки раствором 1 М азотной кислоты.

Для каждого образца готовили по три параллельных испытуемых раствора. Все исследования проведены в трехкратной повторности, среднеквадратичное отклонение не выше 0,5, коэффициент корреляции градуировочного графика каждого из анализов составил $r = 0,999$. Для каждого из полученных значений проведен контроль точности полученных результатов по показателю стандартной относительной неопределенности в соответствии с требованиями внутрилабораторного контроля, действующего на территории Российской Федерации.

Результаты исследований и их обсуждение

Отечественное лекарственное растительное сырье, в отличие от сырья из стран Европы и Америки, преимущественно заготавливается от дикорастущих лекарственных растений. Потенциальный риск загрязнения дикорастущих растений выше, чем выращенных под контролем человека. Следует отметить, что в большинстве случаев производитель не предоставляет информацию о месте сбора лекарственных растений, что существенно затрудняет сравнение содержания нормируемых элементных токсикантов в дикорастущих и окультуренных растениях. Для оценки уровня содержания тяжелых металлов в сухой пробе нами были использованы предельно допустимые концентрации, установленные для лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов по свинцу и кадмию, и ПДК для сухих овощей и фруктов [СанПиН 2.3.2.560-96. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов] по цинку и меди. Для определения содержания ТМ в водной экстракции (отварах) использовались ПДК в жидких БАДах на растительной основе (чаях, эликсирах, настойках) [ТР ТС

Таблица 2. КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СУХИХ ПРОБАХ ЛРС, мг/кг
Table 2. Concentrations of heavy metals in dry medicinal plant samples, mg/kg

№ пробы	Наименование	Zn	Cu	Pb	Cd
1	Чабрец	4,674	0,180	0,040	0,168
2	Боярышник	2,590	0,038	Ниже предела обнаружения	0,162
3	Шиповник майский	2,160	0,106	Ниже предела обнаружения	0,302
4	Крапива двудомная	3,700	0,196	1,828	0,240
5	Подорожник большой	4,268	0,214	2,440	0,406
6	Солодка гладкая	2,290	0,074	0,260	0,566
	ПДК	10,000	5,000	6,000	1,000

021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»].

Содержание цинка в исследованном растительном сырье составляет 2,160–4,676 мг/кг, то есть удовлетворяет норме ПДК. Наибольшие концентрации цинка выявлены в чабреце (4,674 мг/кг) и подорожнике большом (4,268 мг/кг).

Концентрации меди колеблются в диапазоне 0,038–0,214 мг/кг, и не превышают предельно допустимые концентрации. Наибольшее содержание меди отмечено для подорожника большого (0,214 мг/кг) и крапивы двудомной (0,196 мг/кг).

Предельно допустимое содержание кадмия в ЛРС составляет 1 мг/кг. Ни в одной из исследуемых проб данных лекарственных растений содержание кадмия не превышает 0,6 ПДК. Максимальные значения (0,566 мг/кг) зафиксированы для корней солодки гладкой и измельченных листьев подорожника большого (0,406 мг/кг). Полученные результаты согласуются с российскими и иностранными данными литературы, согласно которым содержание кадмия в препаратах на основе растений редко превышает значение 0,8 мг/кг [Егорова и др., 2014;

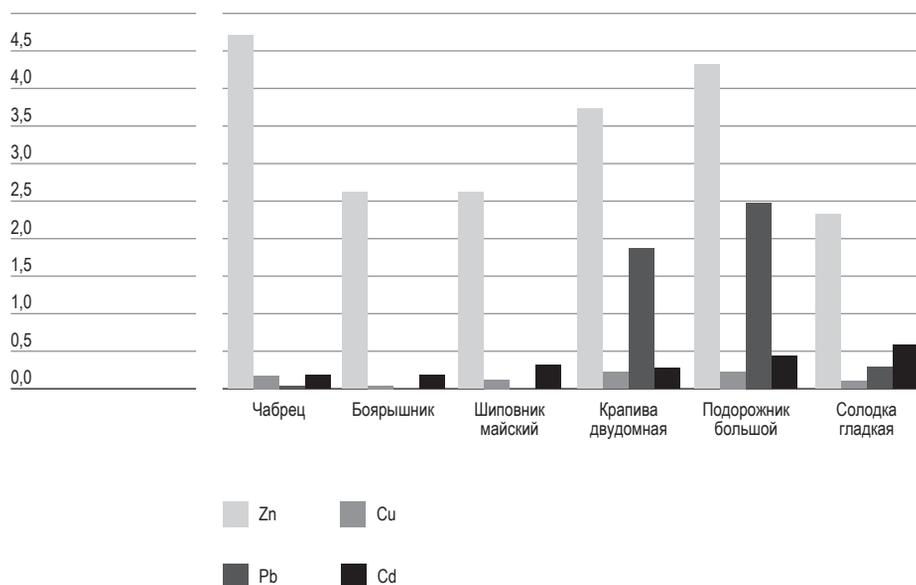


Рис. 1. Концентрации тяжелых металлов в сухих пробах ЛРС, мг/кг.

Fig. 1. Concentrations of heavy metals in dry medicinal plant samples, mg / kg.

Попп и др., 2017; Vasudevan et al, 2009; Ezeabara et al, 2014; Mirosławski et al, 2018; Özden et al, 2018).

Для лекарственных растительных препаратов (ЛРП) характерны простота приготовления и возможность длительного применения, а также отмечается достаточно высокая безопасность при заметной эффективности. Таким образом, в настоящее время возрождается интерес к лечебно-профилактическим лекарственным растительным препаратам и наблюдается тенденция роста рынка ЛРП как в национальном, так и в общемировом масштабе. Для определения перехода ТМ из сухого ЛРС в жидкие лекарственные формы были приготовлены отвары, согласно инструкции, указанной на упаковке.

При исследовании концентраций тяжелых металлов в отварах, *превышений ПДК* тяжелых металлов также не было выявлено (табл. 2).

Концентрации свинца оказались ниже предела обнаружения, следовательно, свинец характеризуется низкой степенью извлечения из лекарственного растительного сырья при получении отваров. Максимальные концентрации цинка выявлены для отваров из подорожни-

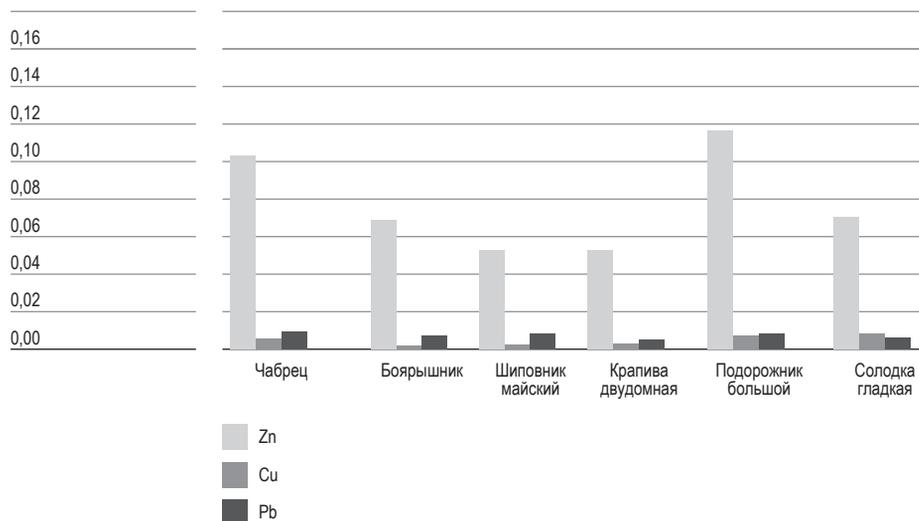


Рис. 2. Концентрация ТМ в отварах из ЛРС, мг/л.

Fig. 2. Concentrations of heavy metals in broths from medicinal plant raw materials, mg/l.

Таблица 3.

КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ ЛРС, мг/л

Table 3. Concentrations of heavy metals in broths from medicinal plant raw materials, mg / l

№ пробы	Наименование	Zn	Cu	Pb	Cd
1	Чабрец	0,102	0,004	Ниже предела обнаружения	0,008
2	Боярышник	0,068	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения	0,006
3	Шиповник майский	0,051	0,001	Ниже предела обнаружения	0,007
4	Крапива двудомная	0,052	0,002	Ниже предела обнаружения	0,004
5	Подорожник большой	0,115	0,006	Ниже предела обнаружения	0,007
6	Солодка гладкая	0,069	0,007	Ниже предела обнаружения	0,005
	ПДК	—	—	0,050	0,300

Таблица 4. РИСК, ВОЗНИКАЮЩИЙ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ВОДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ИЗ ЛРС
Table 4. The risk arising from the use of aqueous extraction from medicinal plant raw materials

№ пробы	Наименование водных экстрактов препаратов	Коэффициент опасности (HQ)	Норматив
1	Чабрец	$9,5 \cdot 10^{-4}$	HQ \geq 1
2	Боярышник	$4,3 \cdot 10^{-4}$	
3	Шиповник майский	$6,6 \cdot 10^{-4}$	
4	Крапива двудомная	$2,8 \cdot 10^{-3}$	
5	Подорожник большой	$2,5 \cdot 10^{-3}$	
6	Солодка гладкая	$8,4 \cdot 10^{-4}$	

ка большого ($0,115 \text{ мг/л}$) и чабреца ($0,102 \text{ мг/л}$), что коррелирует с данными по содержанию цинка в сухих пробах ЛРС.

Для оценки рисков, возникающих при употреблении исследуемых аптечных препаратов, нами был вычислен коэффициент опасности (HQ), путем сопоставления величин потенциальной суточной дозы вещества, поступающего определенным путем, и уровня безопасного воздействия при этом же пути поступления:

$$HQ_i = D_i \div RfD,$$

где HQ – коэффициент опасности воздействия вещества i ;
 D_i – потенциальная доза поступления вещества i , мг/(кг*день);
 RfD – безопасный уровень воздействия, мг/(кг*день).

Рассчитанный коэффициент опасности (HQ) не превышает единицу, а, следовательно, вероятность развития у человека вредных эффектов при употреблении водных экстракций исследуемых лекарственных растений, приготовленных и применяемых согласно прилагаемой инструкции, несущественна и такое воздействие характеризуется как допустимое.

Выводы

В работе определено содержание тяжелых металлов в аптечных препаратах 6 видов лекарственных растений. Результаты исследований показали, что во всех изученных образцах лекарственных трав и водных экстрактах на их основе содержатся тяжелые металлы.

Содержание цинка, меди, свинца и кадмия во всех исследованных образцах лекарственного растительного сырья не превышает ПДК, установленных в Государственной фармакопее Российской Федерации, в СанПиН 2.3.2.560-96. «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов» и в Техническом регламенте Таможенного союза.

Содержание нормируемых элементов в отварах составляет в большинстве случаев 0–10% от их содержания в сухих пробах ЛРС.

При оценке рисков, возникающих при употреблении водных экстракций исследуемых образцов, выявлено, что вероятность развития вредных эффектов незначительная, а следовательно их употребление можно считать безопасным.

Библиографический список

1. Терёшкина О.И., Самылина И.А., Рудакова И.П., Гравель И.В. Гармонизация подходов к оценке безопасности состава лекарственных растительных препаратов // Биомедицина. 2011. № 3. С. 80-86.
2. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. World Health Organization. 2007.
3. ОФС.1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Государственная фармакопея Российской Федерации XIII изд. Т. 2. 2015.
4. Саканян Е.И., Ковалева Е.Л., Фролова Л.Н., Шелестова В.В. Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. Т. 8. № 3. С. 170-178.
5. СанПиН 2.3.2.560-96. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: Гос.сист. сан.-эпид.норм, 1997. 270 с.
6. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». 2011.
7. Егорова Н.О., Неверова О.А., Егорова И.Н. Оценка содержания тяжелых металлов в *Sanguisorba officinalis* L., произрастающей

- на нарушенных угледобычей землях Кузбасса // Современные проблемы науки и образования. 2014.
8. Попп Я.И., Бокова Т.И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. С. 84-92.
 9. Vasudevan D.T., Dinesh K.R., Gopalakrishnan S. Occurrence of high levels of cadmium, mercury and lead in medicinal plants of India // Pharmacognosy Magazine. 2009. С. 15-8.
 10. Ezeabara C.A., Okanume O.E., Emeka A.N., Okeke C.U., Mbaekwe E.I. Heavy metal contamination of herbal drugs: implication for human health-a review // Int J Trop Dis Health. 2014. P. 1044-1058.
 11. Mirosławski J., Pauksto A. Determination of the cadmium, chromium, nickel, and lead ions relays in selected polish medicinal plants and their infusion // Biol Trace Elem Res. 2018. P. 147-151.
 12. Özden H., Özden S. Levels of heavy metals and Ochratoxin A in medicinal plants commercialized in Turkey // Turk J Pharm Sci. 2018. P. 376-381.

References

1. Tereshkina, O.I., Samylina, I.A., Rudakova, I.P. & Gravel I.V. Harmonization of approaches to assessing the safety of the composition of herbal medicinal products // Biomedicine. 2011. № 3. P. 80-86.
2. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. World Health Organization. 2007.
3. OFS.1.5.3.0009.15 Determination of the content of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials and medicinal herbal preparations. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIII ed. T. 2. 2015.
4. Sakanyan E.I., Kovaleva E.L., Frolova L.N. & Shelestova V.V. Modern requirements for the quality of herbal medicines // Bulletin of the Scientific Center for Expertise of Medicinal Products. 2018. Vol. 8. №3. P.170-178.
5. SanPiN 2.3.2.560-96. Food raw materials and food products. Hygienic requirements for the quality and safety of food raw materials and food products // State system sanitary-epidemiological regulation. 1997. 270 p.
6. TR CU 021/2011 Technical Regulations of the Customs Union «On food safety». 2011.
7. Egorova N.O., Neverova O.A. & Egorova I.N. Assessment of the content of heavy metals in *Sanguisorba officinalis* L. growing on disturbed coal-mining lands of the Kuzbass // Modern problems of science and education. 2014.
8. Popp Ya.I., Bokova T.I. The content of zinc, copper and cadmium in various types of medicinal plants growing in the floodplains of the Irtysh and Ob rivers // Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2017. P. 84-92.

9. Vasudevan D.T., Dinesh K.R., Gopalakrishnan S. Occurrence of high levels of cadmium, mercury and lead in medicinal plants of India // *Pharmacognosy Magazine*. 2009. P. 15-8.
10. Ezeabara C.A., Okanume O.E., Emeka A.N., Okeke C.U., Mbaekwe E.I. Heavy metal contamination of herbal drugs: implication for human health-a review // *Int J Trop Dis Health*. 2014. P. 1044-1058.
11. Miroslawski J., Paukszto A. Determination of the cadmium, chromium, nickel, and lead ions relays in selected polish medicinal plants and their infusion // *Biol Trace Elem Res*. 2018. P. 147–151.
12. Özden H., Özden S. Levels of heavy metals and Ochratoxin A in medicinal plants commercialized in Turkey // *Turk J Pharm Sci*. 2018. P. 376-381.

Поступило в редакцию 25.11.2020,
принята к публикации 01.12.2020

Сведения об авторах

- Пелихович** Юлия Вячеславовна, Кандидат географических наук, Научный сотрудник НУЛ «Экоаналитическая лаборатория», доцент кафедры экологии и природопользования Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет; г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 334
Тел.: 89187976912. E-mail: stav.geoversum@gmail.com
- Бегдай** Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Доцент кафедры экологии и природопользования, заведующая НУЛ «Экоаналитическая лаборатория» Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет; г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 334. Тел.: 89187461332.
E-mail: algae@mail.ru
- Харин** Константин Викторович, Кандидат географических наук, доцент, И.о. заведующего кафедры экологии и природопользования Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет; г. Ставрополь, пр. Кулакова, 16, корп. 16, ауд. 602
Тел.: 89620165248. E-mail: k-harin79@mail.ru
- Цесарь** Тамара Александровна, Инженер-лаборант кафедры экологии и природопользования Института наук о Земле, Северо-Кавказский федеральный университет; г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 334.
Тел.: 89682625381. E-mail: tsesar.tamara@yandex.ru

About the authors

- Pelikhovich** Yulia, PhD , Researcher at the Ecoanalytical Laboratory, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Management of the Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, st. Pushkin, 1, bldg. 2, room. 334.
Tel: 89187976912. E-mail: stav.geoversum@gmail.com

- Begday** Inna, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Nature Management, Head of the Ecoanalytical Laboratory of the Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, st. Pushkin, 1, bldg. 2, room. 334.
Tel: 89187461332. E-mail: algae@mail.ru
- Kharin** Konstantin, PhD, Associate Professor, Acting Head of the Department of Ecology and Environmental Management of the Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, Kulakova Ave., 16, bldg. 16, room. 602.
Tel: 89620165248. E-mail: k-harin79@mail.ru
- Tsesar** Tamara, Laboratory Engineer, Department of Ecology and Environmental Management, Institute of Earth Sciences, North Caucasus Federal University, Stavropol, st. Pushkin, 1, bldg. 2, room. 334.
Tel: 89682625381. E-mail: tsesar.tamara@yandex.ru

НАУКА. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал
Северо-Кавказского федерального
университета

Т

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

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

Подписано в печать 08.12.2020 г. Выход в свет 29.12.2020 г.
Формат 70 × 108 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага
офсетная. Усл. печ. л. 16,10. Тираж 1000 экз. Цена 534 руб.

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