

# ВЕСТНИК

## МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал

СЕРИЯ  
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

№ 1 (29)

Издается с 2008 года  
Выходит 4 раза в год

Москва  
2018

# VESTNIK

## MOSCOW CITY UNIVERSITY

SCIENTIFIC JOURNAL

NATURAL SCIENCES

№ 1 (29)

Published since 2008  
Quarterly

Moscow  
2018

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:****Реморенко И.М.**

председатель

ректор ГАОУ ВО МГПУ, кандидат педагогических наук, доцент, почетный работник общего образования Российской Федерации  
президент ГАОУ ВО МГПУ, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент РАО

**Рябов В.В.**

заместитель председателя

первый проректор ГАОУ ВО МГПУ, доктор экономических наук, профессор, академик РАО

**Геворкян Е.Н.**

заместитель председателя

проректор по учебной работе ГАОУ ВО МГПУ, доктор социологических наук, доцент

**Агранат Д.Л.**

заместитель председателя

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:****Шульгина О.В.**

главный редактор

заведующая кафедрой географии ИМИиЕН МГПУ, доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

**Резанов А.Г.**

заместитель

главного редактора

профессор кафедры биологии, экологии и методики обучения биологии ИМИиЕН МГПУ, доктор биологических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

**Григорьев С.Г.**

директор Института математики, информатики и естественных наук (ИМИиЕН) МГПУ, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАО, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

**Бабенко В.Г.**

профессор кафедры зоологии и экологии института биологии и химии ИМИиЕН МПГУ, доктор биологических наук, профессор

**Горюнова С.В.**

профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и прикладных технологий ИМИиЕН МГПУ, доктор биологических наук, профессор

**Калуцков В.Н.**

профессор кафедры региональных исследований факультета иностранных языков и регионоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, доктор географических наук, профессор

**Лопатников Д.Л.**

профессор кафедры управления развитием территории и регионалистики факультета социальных наук ФГАОУ НИУ «Высшая школа экономики», доктор географических наук, доцент

**Луговской А.М.**

профессор кафедры географии ИМИиЕН МГПУ, доктор географических наук, кандидат биологических наук, доцент

**Оржековский П.А.**

профессор кафедры естественнонаучного образования и коммуникативных технологий института биологии и химии ИМИиЕН МПГУ, доктор педагогических наук, профессор, отличник народного просвещения

**Пашков С.В.**

декан факультета естественных и сельскохозяйственных наук Северо-Казахстанского государственного университета имени Манаша Козыбаева, кандидат географических наук, доцент

**Станкевич П.В.**

декан факультета безопасности жизнедеятельности РГПУ имени А.И. Герцена, заведующий кафедрой социальной безопасности, доктор педагогических наук, профессор

**Суматохин С.В.**

заведующий кафедрой биологии, экологии и методики обучения биологии ИМИиЕН МГПУ, доктор педагогических наук, профессор, почетный работник общего образования Российской Федерации

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Биология**

<i>Резанов А.Г., Резанов А.А.</i> Пастбищные кормовые ассоциации египетской цапли <i>Bubulcus ibis</i> : эколого-географический и исторический анализ.....	8
<i>Фадеева Е.О.</i> Микроструктура махового пера сороки ( <i>Pica pica</i> ) .....	26

### **Науки о Земле**

<i>Козаренко А.Е., Семенов В.А.</i> Некоторые формы алюминия в почвах Хибинско-Ловозерского щелочного плутона .....	35
<i>Горюнова С.В., Суздалева А.Л.</i> Региональные кризисы водопотребления: причины и возможные пути их предотвращения .....	47
<i>Шульгина О.В.</i> Города-миллионеры России: географические закономерности распространения и факторы развития в XX–XXI вв. .....	56
<i>Белисова К.В.</i> Территориальные особенности и динамика развития сельских периферийных районов Юга Европейской России (на примере некоторых районов Ставропольского края, Республики Дагестан и Калмыкия) .....	72

**Естественнонаучное образование**

<i>Никитина Н.Н., Оржековский П.А.</i> Роль химического эксперимента в развитии химии как школьного предмета .....	82
<i>Лопатников Д.Л.</i> Концептуальные подходы к изучению мирового хозяйства в школьном курсе географии .....	88
<i>Бубнов В.А.</i> Методический анализ гидродинамической структуры вихревой нити .....	104
<b>Авторы «Вестника МГПУ», серия «Естественные науки», 2018, № 1 (29).....</b>	<b>125</b>
<b>Требования к оформлению статей.....</b>	<b>129</b>

## CONTENTS

### **Biology**

<i>Rezanov A.G., Rezanov A.A.</i> The Pasture Feeding Associations of the Egyptian Egret <i>Bubulcus ibis</i> : Ecological, Geographical and Historical Analysis .....	8
<i>Fadeeva E.O.</i> The Microstructure of Flight Feather of a Magpie ( <i>Pica pica</i> ) .....	26

### **Sciences about Earth**

<i>Kozarenko A.E., Semenov V.A.</i> Some Forms of Aluminium in the Soils of the Khibiny-Lovozersky Alkaline Pluton .....	35
<i>Goryunova S.V., Suzdaleva A.L.</i> Regional Water Consumption Crises: the Causes and Possible Ways to Prevent Them .....	47
<i>Shulgina O.V.</i> Russia's Cities-Millionaires: Geographical Patterns of Distribution and Factors of Development in the 20 <sup>th</sup> –21 <sup>st</sup> Centuries .....	56
<i>Belisova C.V.</i> Territorial Features and Dynamics of Development of Rural Peripheral Regions of the South of European Russia (on the Example of Some Districts of the Stavropol Region, the Republics of Dagestan and Kalmykia) .....	72

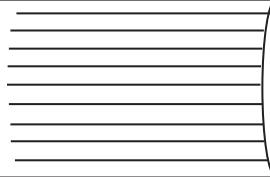
**Natural and Scientific Education**

<i>Orzhekovsky P.A., Nikitina N.N.</i> The Role of the Chemical Experiment in the Development of Chemistry as a School Subject.....	82
<i>Lopatnikov D.L.</i> Conceptual Approaches to the Study of the World Economy in the School Course of Geography .....	88
<i>Bubnov V.A.</i> Methodical Analysis of the Hydrodynamic Structure of the Vortex Filament.....	104

<b>MCU Vestnik. Series «Natural Science» / Authors, 2018, № 1 (29)</b> .....	125
--	-----

<b>Requirements for Style of Articles</b> .....	129
---	-----

## БИОЛОГИЯ



УДК. 598.244: 599.61: 599.72-73: 57.047

А.Г. Резанов,  
А.А. Резанов

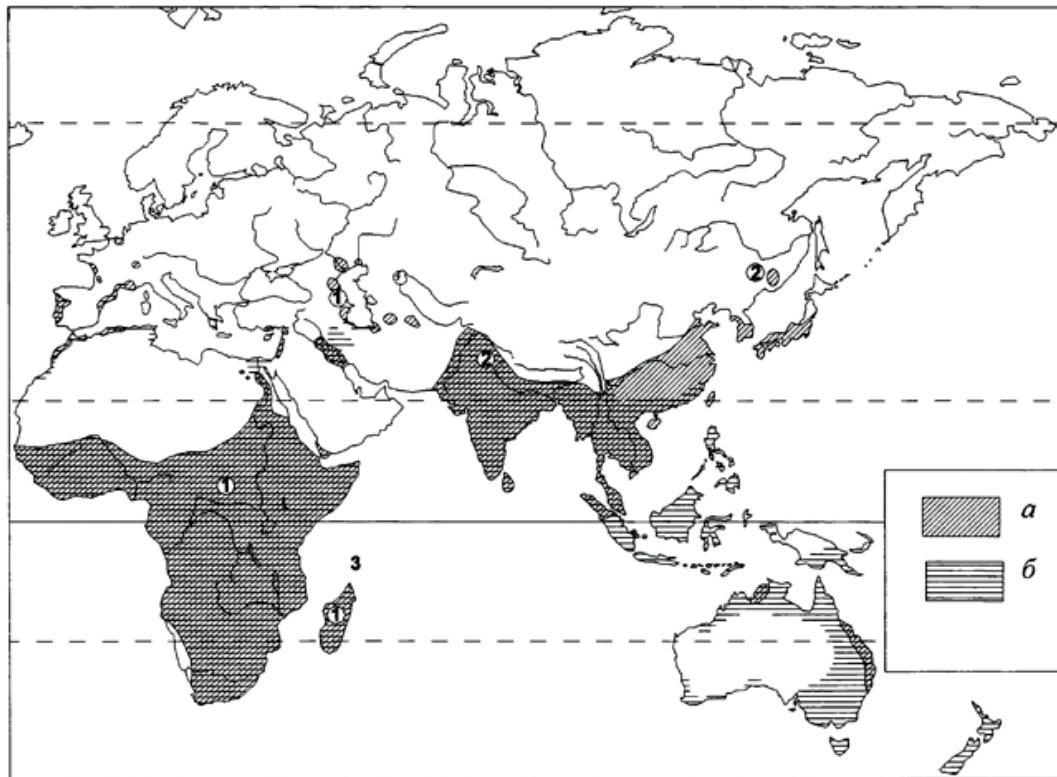
### Пастбищные кормовые ассоциации египетской цапли *Bubulcus ibis*: эколого-географический и исторический анализ

В статье проанализирован материал по пастбищным кормовым ассоциациям египетской цапли *Bubulcus ibis*, собранный авторами в различных регионах земного шара: Южной Азии (Непал, Шри-Ланка), Северной Африке (Египет, Тунис) и Южной Америке (Венесуэла). На основе собственных наблюдений и литературных данных сделан развернутый эколого-географический и исторический анализ явления.

**Ключевые слова:** египетская цапля *Bubulcus ibis*; пастбищные кормовые ассоциации; Южная и Юго-Восточная Азия; Африка; Центральная и Южная Америка.

**К**ормовые ассоциации аистообразных (Aves: *Ciconiiformes*) с пасущимися травоядными млекопитающими (с дикими копытными и хоботными, а также с домашними копытными — коровами, буйволами, овцами, лошадьми и пр.) и сельскохозяйственной техникой, известны для различных регионов земного шара. Наиболее полно кормовые ассоциации аистообразных изучены для белого аиста *Ciconia ciconia* [6; 11; 13; 15; 19; 39] и египетской цапли *Bubulcus ibis*.

Область обитания египетской цапли охватывает тропические, субтропические и южные районы умеренной зоны Евразии, Африки, Австралии с Океанией (см. рис. 1), Северной и Южной Америки (см. рис. 2). На всем пространстве обширного ареала цапля вступает в кормовые ассоциации с пасущимися травоядными животными и работающей сельскохозяйственной техникой [5–7; 10; 12–17; 22–24; 26; 31; 35; 40; 45–53]. Пасущиеся крупные млекопитающие и работающая землеобрабатывающая и уборочная техника визуализируют и/или обездвиживают крупных насекомых (в основном, прямокрылых *Orthoptera*), мышевидных грызунов, лягушек *Rana spp.* и др., облегчая цаплям поиск пищевых объектов



**Рис. 1.** Область распространения египетской цапли в Восточном полушарии:

*а* — области гнездования; *б* — места зимовок.

Подвиды: 1 — *B. i. ibis*, 2 — *B. i. coromandus*, 3 — *B. i. sechellarum* [4]



**Рис. 2.** Проникновение египетской цапли в Америку в XX веке и последующее расширение ареала [из: 42]; отдельные особи египетских цапель на американском континенте были зарегистрированы в 1911–1912 гг. в Британской Гвиане [из: 2; 15]

в условиях высокотравья, делая добычу заметной или, при повреждениях, менее мобильной.

Именно такие кормовые ассоциации и носят название пастбищных ассоциаций. Пасущиеся млекопитающие также служат для цапель объектом груминга (от англ. *to groom* — «чистить лошадь»). Добывание птицами вспугиваемых животных, а также эктопаразитов с млекопитающих, с которыми они входят в ассоциации, квалифицируется как биотические отношения типа протокооперации: птицы получают пищу и, в свою очередь, выполняют функцию сторожей.

### Материал и методика

Наблюдения за пастбищными кормовыми ассоциациями египетской цапли проводились авторами в Южной Азии (Непал — сентябрь – октябрь 1998 года, Шри-Ланка — август 2005, 2016 гг.), в Северной Африке (Египет — август 2009 года, Тунис — январь 2013 года) и в Южной Америке (Венесуэла — август 2011 года) (см. табл. 1). Кормовые ассоциации исследовались методами маршрутных учетов: автомобильные (Шри-Ланка, Египет, Венесуэла), железнодорожные, водные (Египет), пешие и велосипедные маршруты (Непал, Тунис). При пеших и велосипедных маршрутах изучались особенности кормового поведения египетских цапель, вступающих в кормовые ассоциации, а также во время их самостоятельной кормежки. Информация, полученная в Индии (январь 2014 года), в настоящей статье не использована, поскольку египетская цапля там отмечена только вне кормовых ассоциаций.

Таблица 1

#### Места и сроки проведения наблюдений за кормовыми ассоциациями египетской цапли *Bubulcus ibis*

Регион, страна	Период наблюдений	Обследованные районы
<b>Южная Азия:</b>		
Непал	Сентябрь – октябрь 1998 года	Катманду, Покхара, королевский национальный парк «Читван» (пешие и велосипедные маршруты)
Шри-Ланка	Август 2005 года	Коломбо – Дамбулла – озеро Каңдалама – Каңди – Нувара-Элия – Калутара – Бентота – Галле – заповедник Бундала (автомобильные маршруты)
Шри-Ланка	Август 2016 года	Национальный парк Каудула (автомобильный маршрут)
<b>Северная Африка:</b>		
Египет	Август 2009 года	Исна – Идфу – Ком-Омбо (ж.-д. маршрут Каир – Асуан), Луксор – Кена (автомобильный маршрут), Асуан – Луксор (водный маршрут по Нилу)
Тунис	Январь 2013 года	Национальный парк Ишкель (пеший маршрут)
<b>Южная Америка:</b>		
Венесуэла	Август 2011 года	Баринас – ранчо Ато-Эль-Седраль (автомобильный маршрут)

## Результаты и обсуждение

### 1. Пастбищные ассоциации в Южной Азии.

В Непале (1998 год) учеты и наблюдения проводились в луговых местообитаниях (включая пастбищные луга) в районе Катманду, Покхары и в королевском национальном парке «Читван». Из девяти встреч кормящихся египетских цапель в пяти случаях (55,5 %) цапли вступали в ассоциации с коровами и буйволами. Помимо ассоциаций, формирующихся с целью добывания птицами выпугиваемых крупнорогатым скотом насекомых и лягушек, мы отмечали также явление груминга, когда цапли склевывали пищевые объекты (по-видимому, кровососущих насекомых) с ног пасущихся буйволов и коров.

В Шри-Ланке (август 2005 года) были проделаны автомобильные маршруты от западного побережья острова на север во внутренние горные районы страны и далее на южное побережье острова (см. табл. 1). Цапли были встречены в основном в агроландшафтах и на лугах в районе Негомбо, Курунегалы, Канди, Калутары и в заповеднике Бундала. Из 18 регистраций кормящихся цапель только в пяти случаях (27,7 %) они кормились в ассоциации с коровами и буйволами. Вне ассоциации кормились от 1 до 35 цапель ( $11,62 \pm 6,7$ ;  $SD = 12,33$ ;  $P = 0,05$ ;  $n = 13$ ), в ассоциации — от 1 до 10 ( $3,4 \pm 3,25$ ;  $SD = 3,71$ ;  $P = 0,05$ ;  $n = 5$ ), где  $SD$  — стандартное отклонение,  $P$  — уровень доверительной вероятности,  $n$  — величина выборки. В двух случаях вместе с цаплями отмечены черноголовые ибисы *Threskiornis melanocephalus*. 9 августа 2016 года в национальном парке Каудулла проведены наблюдения за пастбищной ассоциацией египетской цапли с индийскими слонами *Elephas maximus*. Отмечены две пары цапель (см. рис. 3) в ассоциации с группой из 10 слонов (из них два слоненка) и 10 цапель со стадом из 60 слонов, растянувшегося на 150 м.

### 2. Пастбищные ассоциации египетской цапли в Северной Африке.

В августе 2009 года (Египет) учеты египетской цапли проведены в агроландшафтах (плантации финиковой пальмы, банановые плантации, поля кукурузы, пашни) долины Нила. В частности, 14 августа во время железнодорожного маршрута Каир – Асуан проведен учет цапель на отрезке Изна – Идфу – Ком-Омбо (50–60 км). 17 августа на автомобильном маршруте Луксор – Хургада проведен учёт на отрезке Луксор – Кена (65–70 км); после Кены путь прошел через Аравийскую пустыню. Птицы учитывались только с одной стороны по ходу движения транспорта в полосе реального зрительного обнаружения (до 100–150 м).

В целом зарегистрировано 797 особей египетской цапли (см. табл. 2), или более 6 особей на 1 км маршрута с односторонней полосой обнаружения. 61 цапля (7,65 %) была отмечена в ассоциации с копытными домашними животными (ослы, коровы, буйволы) и крестьянами, работающими в поле [16]. На водном маршруте по реке Нил (Асуан – Луксор; 15–17 августа 2009 года) были зарегистрированы ассоциации цапель с пасущимися по берегам осликами и буйволами (см. рис. 4).



**Рис. 3.** Кормовая ассоциация египетских цапель с индийскими слонами (Шри-Ланка, 9 августа 2016 года). Фото А.А. Резанова



**Рис. 4.** Кормовая ассоциация египетской цапли с осликом и буйволами на берегу Нила (Египет, 14 и 16 августа 2009 года). На мелководье ходуличник *Himantopus himantopus* (слева) и желтая цапля *Ardeola ralloides*. Фото А.Г. Резанова

Таблица 2

**Учет египетской цапли в агроландшафтах долины Нила (Египет)  
14 и 17 августа 2009 г. Общая протяженность маршрута 115–130 км**

Нахождение цапель	Число регистраций	Число зарегистрированных птиц	Размер группы
На полях (людей и домашних животных поблизости нет)	104	512	1–40
На пашне	2	62	12–50
На полях около домашних ослов	6	47	1–27
На полях около коров и буйволов	2	9	1–8
Около крестьян, работающих в поле	2	5	1–4

3 января 2013 года в национальном парке «Ишкель» (Тунис) проделан 5-километровый пеший маршрут вдоль пастбищного луга у горного склона. Зарегистрировано 39 цапель, из них 15 (38,5 %) находились в ассоциации с пасущимися коровами и овцами; это значительно выше, чем было отмечено в Египте (7,65 %). На 1 км маршрута встречено 8 цапель (полоса обнаружения по обе стороны от трансекты движения). Из 11 регистраций в 4 (36,4 %), цапли ассоциировались с пасущимися животными (см. рис. 5). Выявлена четкая статистическая зависимость числа цапель ( $\text{lim } 1–6$ ) от числа пасущихся копытных ( $\text{lim } 3–12$ ), где  $\text{lim}$  — диапазон значений. Для полиномиальной линии тренда отмечен рост и в дальнейшем некоторое снижение ( $P < 0,01$ ) числа цапель по мере роста числа пасущихся копытных, а для логарифмической линии тренда — неуклонный рост ( $P < 0,05$ ).

Для африканского континента также характерны ассоциации египетской цапли со слонами. Еще Берг в книге «В стране слонов и исполинских аистов» (1929) писал об ассоциации египетских цапель с африканскими слонами *Loxodonta africana*. О подобных биотических отношениях цапель со слонами известно и из более поздних источников, в том числе из популярных книг Б. Гржимека («Они принадлежат всем», 1965) и И. Денеша («Впереди Килиманджаро», 1964) [6].

### 3. Пастбищные ассоциации в Южной Америке.

В Венесуэле (август 2011 года) египетская цапля встречена нами на равнинах Лос-Льянос, где традиционно развито пастбищное животноводство и растениеводство. Здесь раскинулись плантации кукурузы, риса и черной фасоли «караота». На сотни километров тянутся луга с рощами «дождевых деревьев» (rain tree) — саманов *Samanea saman*, с развесистыми зонтичными кронами (см. рис. 6) и американских кленов (*Acer negundo*) по берегам рек [17].

16 августа 2011 года во время автомобильного маршрута от городка Баринас, расположенного у подножья хребта Кордельера-де-Мерида, до ранчо Ато-Эль-Седраль (Hato El Cedral) проведен учет египетских цапель. Общая протяженность маршрута 274 км, из них на пастбищные луга пришлось порядка 110–120 км. Нами зарегистрировано 130 египетских цапель (16 встреч). В 15 случаях цапли кормились в обществе домашнего скота (всего 257 голов):

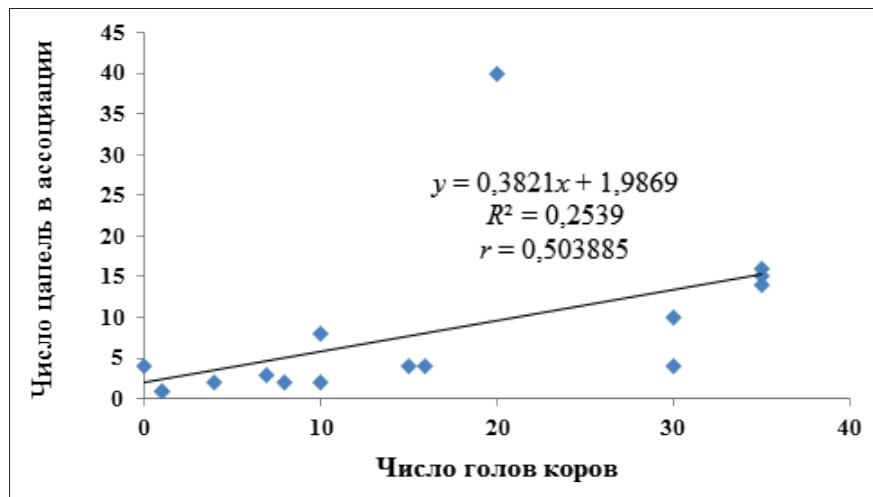


**Рис. 5.** Египетские цапли в национальном парке «Ишкель» (Тунис).  
3 января 2013 года. Фото А.А. Резанова



Рис. 6. Пастбищный луг в Лос-Льянос (Венесуэла, 16 августа 2011 года); при увеличении около пасущихся коров видны египетские цапли. Фото А.Г. Резанова [из 17]

коров ( $n = 12$ ), буйволов ( $n = 1$ ), лошади ( $n = 1$ ) и ослика ( $n = 1$ ). Только в одном случае 4 цапли кормились отдельно от пасущихся копытных. Среднее количество цапель в ассоциации с коровами и буйволами составило  $9,54 \pm 5,72$  особей ( $SD = 10,52$ ;  $\text{lim } 2-40$ ;  $n = 13$ ;  $P = 0,05$ ). Среднее число коров и буйволов в стадах, с которыми ассоциировались цапли  $19,62 \pm 6,46$  ( $SD = 11,84$ ;  $\text{lim } 4-35$ ;  $n = 13$ ;  $P = 0,05$ ). Отдельные цапли отмечены у сельских домиков во внутренних двориках, в том числе около лошадей, находящихся в стойле. Отмечена статистически значимая тенденция ( $r = 0,504$ ;  $P < 0,05$ , где  $r$  — величина корреляции) роста числа ассоциированных цапель с ростом числа голов пасущегося скота (см. рис. 7). Во время пешего маршрута от Санта-Элены до горы Рорайма и обратно (9–14 августа) через заповедные территории Гранд-Сабаны (территория национального парка «Канайма»), где отсутствует пастбищное животноводство (а диких копытных нет) и развит высокий и густой травостой, египетская цапля не была встречена нами ни разу [17].



**Рис. 7.** Зависимость между числом цапель и пасущихся коров.

Венесуэла, 16 августа 2011 года [17]:

$y = 0,3821 x + 1,9869$  — уравнение регрессии, описывающее линию тренда;  
 $R^2$  — величина аппроксимации;  $r$  — корреляция

#### 4. О стереотипе кормового поведения египетской цапли.

В целом можно выделить как минимум три различные кормовые стратегии, слагающие видовой стереотип поведения египетской цапли: 1) одиночная кормежка; 2) коллективное разыскивание и добывание корма; 3) вступление в пастбищные ассоциации (со скотом, с техникой).

По наблюдениям 6–7 сентября 1998 года в Катманду (Непал) цапли использовали коллективный поиск корма, обследуя группой из 2 и 15 птиц обширную лужайку возле городского стадиона. Следует отметить очевидное влияние погодных условий на характер поиска добычи цаплями. Так, 7 сентября после дождя 2 цапли медленно ходили и склевывали с мокрой травы обездвиженных

или маломобильных насекомых. В сухую погоду птицам приходится иметь дело с подвижной добычей и тогда в арсенале их кормовых методов присутствовали более сложные варианты поведения: подкарауливание, подкрадывание, пробежки и стремительные броски-выпады. Нередко египетские цапли кормятся рыбой и другими водными обитателями (например, водными беспозвоночными), используя соответствующую тактику поиска добычи. Например, 6 сентября на р. Багмати (Катманду) одиночная цапля неторопливо шла вдоль уреза и периодически заходила в воду, иногда на глубину ног, и по несколько минут выставившая в воду. Отсутствие добычи вынуждало ее переходить (до 10 м и более) на новые места [12].

21–23 сентября наблюдения за цаплями проведены в районе Покхары, на берегу озера, окруженного лесистыми горами, рисовыми чеками и лугами. На ночевку здесь собирались несколько сотен птиц. На лугу цапли кормились разреженной группой из 5–10 особей. Птицы двигались медленно, большими шагами, с вытянутой вверх шеей. Заметив добычу, подкрадывались, держа шею под углом от 45 градусов до почти горизонтального положения. Делали по 2–3 клевка в минуту. Добыивание крупных пищевых объектов (дождевые черви до 10 см), провоцировало клептопаразитическую активность соседних особей [12].

Цапли также кормились рядом с пасущимися на травянистых склонах буйволами и коровами. В течение часа наблюдений птицы неотступно старались следовать за пасущимися копытными, даже если их периодически отгоняли пастухи. Цапли схватывали насекомых, вспугиваемых и, по-видимому, поврежденных скотом, часто делая клевки из-под ног и возле самых морд коров и буйволов. Не исключена и возможность добывания личинок жуков из помета скота. Иногда цапли взлетали на спины животных, но не кормились на них. Не вспугивая цапель, удавалось подойти к ним на 10–15 м; пастухов же в отличие от чужаков, птицы подпускали вплотную. Отмечена цапля, кормящаяся около буйвола вместе с двумя джунглевыми майнами (*Acridotheres fuscus*). В Читване египетские цапли также вступали в кормовые ассоциации со скотом, иногда даже схватывая слепней с ног коров [12].

В августе 2016 года (Шри-Ланка, национальный парк «Каудулла») проведены наблюдения и видеосъемка кормовой ассоциации египетских цапель с индийскими слонами. Слоны держались довольно плотной группой на опушке джунглей. Передними ногами движением вперед слоны сбивали дерн и хоботом подхватывали пучок травы и обтрясали его от пыли и тем самым, безусловно, экспонировали потенциальную добычу цапель. Набрав достаточное количество, отправляли порцию травы в рот. Несколько цапель сосредоточилась по периферии стада. Цапли старались находиться ближе к хоботу или кормились прямо из-под ног слонов, выхватывая из травы поврежденных насекомых, вероятно, прямокрылых. За одну контрольную минуту одна из цапель добыла двух насекомых — сначала перед хоботом одного слона, затем, перебежав, —

другого. При движении слона цапля также занимала выгодное положение, следуя перед ним, чуть сбоку от хобота. Периодически некоторые птицы переходили на самостоятельный поиск корма. Увидев насекомое в траве, цапля, вытянув шею вперед, подкрадывалась на дистанцию короткой атаки (выпад вперед всем телом) и схватывала его. Аналогичное поведение цапель отмечено в январе 2013 года в Тунисе.

### 5. География кормовых ассоциаций египетской цапли.

Сопровождение египетской цаплей пасущихся млекопитающих и сельскохозяйственной техники отмечено как обычное явление для всех континентов, где встречается этот вид (см. табл. 3).

Таблица 3

#### Географическое распространение пастищной ассоциации египетской цапли

Континент, регион	Источник информации
<b>АЗИЯ:</b>	
Закавказье	[4; 8; 18; 19]
Южная и Юго-Восточная Азия	[12; 14; 20; 21; 31; 36; 37; 46]
Юг Дальнего Востока (Приморье)	[9]
<b>ЕВРОПА</b>	[3; 10; 33; 38]
<b>АФРИКА:</b>	
Северная Африка	[2; 16]
Центральная Восточная Африка	[2; 6; 22; 23; 26; 35; 47]
Южная Африка	[22; 49; 50; 52; 53]
<b>АМЕРИКА:</b>	
Центральная Америка и юг Северной Америки (южные штаты США)	[25; 27–30; 32; 41; 43; 51]
Южная Америка	[7; 17; 34; 44]
<b>АВСТРАЛИЯ</b>	[24; 39; 48]

### 6. История и эволюционный анализ кормовых ассоциаций египетской цапли.

Центром происхождения вида, по-видимому, следует признать Африку (здесь распространен номинативный подвид *Bubulcus ibis ibis*) и, возможно, Южную и Юго-Восточную Азию (*B.i.coromandus*), где этот вид наиболее многочислен, особенно в местах, где много пасущихся крупных животных, как диких, так и домашних. Пастищная ассоциация цапель с крупными млекопитающими могла сложиться много тысяч лет назад в условиях длительной симпатрии. В дальнейшем, по мере развития скотоводства (10–15 тыс. лет назад), цапли параллельно «переключились» (дополнительно включили в свой кормовой репертуар) на сопровождение рогатого скота и значительно позже — на сопровождение землеобрабатывающей и уборочной техники [13].

Можно предположить весьма солидный возраст кормовой ассоциации цапель и домашнего скота. Видоспецифичность данной повадки нашла свое отражение и в названиях египетской цапли на различных языках, например

англ. *Cattle Egret* («коровья цапля»), *Buff-backed Heron* («цапля со спиной буйвола»), нем. *Kuhreiher* («коровий всадник»), фр. *Garde-bœuf Héron* («цапля, охраняющая буйвола») [1]. А латинское название *Bubulcus*, данное цапле в 1855 году, отражает особенности ее поведения — сопровождать стада копытных животных, как диких, так и домашних, и переводится как «волопас» или «пастух».

Исторических свидетельств по ассоциации цапель с млекопитающими сравнительно немного. Пастбищные ассоциации египетской цапли отмечал А.Э. Брем в 1850-х гг. во время своего путешествия по Египту, Судану, Нубии и другим странам [2]. Ассоциации египетской цапли с копытными млекопитающими в Закавказье описаны К.А. Сатуниным в работе, опубликованной в 1907 году [18].

Параллельное «переключение» цапель на сопровождение сельскохозяйственной техники произошло гораздо позже. Так, в Южной Африке (в Натале) следование египетской цапли за тракторным плугом впервые отмечено в 1940-х гг. у одиночной зимующей птицы, хотя ассоциация с пасущимся скотом была обычна [52]. Вероятно, в те годы рассматриваемая повадка проявлялась как чисто индивидуальная. Спустя четверть века (сравнительно с 1940-ми годами) египетская цапля попала в категорию видов, наиболее часто следующих за плугом [53]. В настоящее время поведение египетских цапель по сопровождению движущейся землеобрабатывающей или уборочной техники рассматривается на уровне видоспецифического и встречается в самых различных участках ареала вида. Таким образом, из локального источника индивидуальная кормовая повадка за ограниченный отрезок времени не только распространилась на всю южноафриканскую популяцию египетской цапли, но и стала самой обычной в кормовом поведении этого вида, вошла в ядро видового поведенческого стереотипа.

История географии египетской цапли примечательна. В Южной Америке (Британская Гвиана) цапля впервые зарегистрирована в 1911 году, в Австралию (Кимберли) была завезена в 1933 году; есть информация, что впервые в Австралии египетских цапель встретили в 1918 году. Прошла успешная экспансия вида в Новой Зеландии, на некоторых островах Тихого океана, Центральной и части Северной Америки (см. рис. 2). В целом в результате нескольких интродукций и процессов естественного расселения ареал вида стал практически космополитическим. И везде, где развито пастбищное скотоводство, египетская цапля оказалась в благоприятных условиях и смогла успешно закрепиться в новых местах.

В Южной Европе египетская цапля появилась лишь во второй половине прошлого столетия. Например, на юге Франции (в Камарге) она зарегистрирована только в 1967 году, а спустя 30 лет, за счет активного освоения пастбищ, ее численность достигла 3000 пар [38]. В Италии цапля впервые отмечена лишь в 1985 году и к началу 21-го века ее численность возросла до 1000 пар [3].

При рассмотрении ретроспективы поведения следования египетской цапли за пасущимися животными и сельскохозяйственной техникой можно выделить три своеобразных исторических этапа в становлении и развитии

этого явления: 1) пастищные ассоциации с дикими животными; 2) пастищные ассоциации с домашними копытными; 3) сопровождение плуга на конной, воловьей тяге; 4) сопровождение землеобрабатывающей и уборочной техники. В ее современном кормовом репертуаре все эти этапы нашли свое отражение и представлены в настоящее время. Безусловно, исходной стадией для дальнейшей модификации рассматриваемого поведения следует признать нативные пастищные кормовые ассоциации птиц с крупными дикими млекопитающими (слонами, носорогами, буйволами и т. д.), возникшие, по-видимому, в Африке и в тропической Азии. В основе антропогенных пастищных ассоциаций египетской цапли определенно лежат ее кормовые ассоциации с пасущимися дикими млекопитающими: различными видами копытных и хоботных. Антропогенные кормовые ассоциации (как антропогенные модификации кормового поведения) возникли, вероятно, с появлением развитого скотоводства и на его базе — плужного земледелия. По-видимому, именно в этот период (10–15 тыс. лет назад) произошло «переключение» египетской цапли с природных кормовых ассоциаций (при их сохранении!) на ассоциации с домашними копытными (рогатый скот, лошади) и сопровождение плуга. Таким образом, произошло грандиозное расширение видовой экологической ниши египетской цапли: сохранение старой и переход в новую нишу. С этим напрямую связано успешное закрепление (экспансия) цапли на всем пространстве расширенного ареала вида. И везде, где этот вид встречается, он вступает в пастищные кормовые ассоциации с млекопитающими и сельскохозяйственной техникой. Благодаря этому цапля смогла не только проникнуть, но и успешно закрепилась, освоив агроландшафты тропиков и субтропиков всех материков, в том числе засушливые местообитания, удаленные от воды, что не характерно для других видов цапель. Египетская цапля, безусловно, самый сухопутный вид цапель. По данным ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (англ. *Food and Agriculture Organization*, FAO), из 129 млн км<sup>2</sup> земельных ресурсов под пастища выделено 24 %, причем  $\frac{1}{4}$  всех пастищ находится в Африке. Есть отличная перспектива для успешного процветания вида, поскольку площадь пастищных местообитаний, пока существует пастищное животноводство, будет только увеличиваться.

### Литература

1. Бёме Р.Л., Флинт В.Е. Пятиязычный словарь названий животных. М.: Руассо, 1994. 846 с.
2. Брем А.Э. Путешествие по Северо-Восточной Африке или по странам подвластным Египту: Судану, Нубии, Сеннару, Россересу и Кордофанду. М.: Географиз, 1958. 646 с.
3. Брикетти П. Птицы. Справочник. М.: Астрель, 2004. 319 с.
4. Джамирзоев Г.С. Египетская цапля *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) // Птицы России и сопредельных регионов. Пеликанообразные. Аистообразные. Фламингообразные. М.: КМК, 2011. С. 265–276.

5. Кокшайский Н.В. Методы визуализации добычи у птиц // Орнитология. Вып. 11. М.: МГУ, 1974. С. 126–135.
6. Кокшайский Н.В. Морфология и поведение (на примере пищедобывающей активности цапель) // Механизмы полёта и ориентации птиц. М.: Наука, 1966. С. 169–223.
7. Кокшайский Н.В. Птицы Перу. М.: Наука, 1990. 303 с.
8. Кокшайский Н.В., Мустафаев Г.Т. Об ассоциациях птиц с домашними животными в Азербайджане // Ученые записки Азерб. Гос.ун-та. 1967 (1968). № 4. С. 73–81.
9. Литвиненко Н.М., Шибнев Ю.В. О некоторых редких птицах Южного Приморья // Орнитология. Вып. 7. М.: МГУ, 1965. С. 115–121.
10. Нанкинов Д.Н. Кормовые ассоциации диких птиц с домашним скотом и их проявление на территории Болгарии // Рус. орнитол. журн. 2013. Т. 22. № 949. С. 3373–3397.
11. Резанов А.Г. О кормовых ассоциациях белых аистов *Ciconia ciconia* с коровами в Белоруссии // Рус. орнитол. журн. 1997. Т. 6. № 22. С. 17–19.
12. Резанов А.Г. Заметки по кормовому поведению птиц Непала // Русский орнитол. журн. 1999. Т. 8. № 68. С. 6–16.
13. Резанов А.Г. Историко-географический анализ «следования за плугом» у птиц // Рус. орнитол. журн. 2008. Т. 17. № 410. С. 499–513.
14. Резанов А.Г., Резанов А.А. Орнитологические наблюдения на острове Шри-Ланка в августе 2005 года // Рус. орнитол. журн. 2006. Т. 15. № 329. С. 811–824.
15. Резанов А.Г., Резанов А.А. Кормовые ассоциации аистообразных (*Ciconiiformes*) с крупными травоядными млекопитающими, землеобрабатывающей и уборочной техникой // Бранта. 2007. Вып. 10. С. 167–175.
16. Резанов А.Г., Резанов А.А. Египетская цапля *Bubulcus ibis* в агроландшафтах долины Нила // Рус. орнитол. журн. 2009. Т. 18. № 512. С. 1616–1617.
17. Резанов А.Г., Резанов А.А. О кормовой ассоциации египетской цапли *Bubulcus ibis* с домашними копытными животными на пастбищных лугах Лос-Льянос в Венесуэле // Рус. орнитол. журн. 2013. Т. 22. № 886. С. 1509–1512.
18. Сатунин К.А. Материалы к познанию птиц Кавказского края // Записки Кавказского отд. РГО. Тифлис, 1907. Кн. 26. Вып. 3. 144 с.
19. Тугаринов А.Я. Отряд *Ciconiiformes* — Аистообразные // Фауна СССР. Птицы / под ред. Е.Н. Павловского. Т. 1. Вып. 3. М.-Л.: АН СССР, 1947. С. 188–284.
20. Ali S. The Book of Indian Birds. Oxford Univ. Press, 1996. 354 p.
21. Ali S., Ripley S.D. Handbook of the birds of India and Pakistan. Vol. 1. Divers to Hawks. Bombay. Oxford Univ. Press, 1968. 380 p.
22. Brown L.H., Urban E.K., Newman K. The Birds of Africa. Vol. 1. London Acad. Press., 1982. 521 p.
23. Burger J., Gochfeld M. Age differences in Cattle Egrets *Bubulcus ibis* foraging with wild ungulates in Kenya // Ardea. 1989. V. 77. № 2. P. 201–204.
24. Cooper V. Cattle Egrets following the plough // Sunbird. 1979. V. 10. № 3–4. P. 297.
25. Dawn W. Cattle Egrets provoke cattle to move and pick flies off bulls // Auk. 1959. V. 76. № 1. P. 97–98.
26. Dean W.R.J., MacDonald L.A.W. A review of African birds feeding in association with mammals // Ostrich. 1981. V. 52. № 3. P. 135–155.
27. Denham R. Cattle egret (*Bubulcus ibis*) on Cozumel Island, Quintana Roo, Mexico // Auk. 1959. V. 76. № 3. P. 359–360.

28. *Dinsmore J.J.* Foraging success of Cattle Egrets, *Bubulcus ibis* // Amer. Midland Natur. 1973. V. 89. № 1. P. 242–246.
29. *Fogarty M.J., Hetrick W.M.* Summer foods of Cattle Egrets in North Central Florida // Auk. 1973. V. 90. № 2. P. 268–280.
30. *Gerhard F., Taliaferro E.H.* Density-dependent patch selection by foraging Cattle Egrets // Waterbirds. 2003. V. 26. № 3. P. 364–369.
31. *Grimmett R., Inskip C., Inskip T.* Birds of the Indian Subcontinent. Oxford Univ. Press, 2014. 528 p.
32. *Grubb T.C., Jr.* Adaptiveness of foraging in the Cattle Egret // Wilson Bull. 1976. V. 88. № 1. P. 145–148.
33. *Heinzel H., Fitter R.S.R., Parslow J.* Birds of Britain and Europe with North Africa and the Middle East. London – New York – Glasgow-Sydney – Auckland – Toronto – Delhi. Harper Collins Publ, 1997. 384 p.
34. *Hilty S.L.* Birds of Venezuela. Princeton Univ. Press, 2003. 928 p.
35. *Kioko J., Boyd E., Schaeffer E., Tareen S., Kiffner C.* Cattle Egret *Bubulcus ibis* interactions with large mammals in the Tarangire-Manyara Ecosystem, Northern Tanzania // Scopus. 2016. V. 36. № 1. P. 15–20.
36. *King B., Woodcock M., Dickinson E.C.* Birds of South-East Asia. Harper Collins Publ., 1995. 480 p.
37. *Kour D.N., Sahi D. N.* Studies on the community ecology of cattle egrets *Bubulcus ibis coromandus* (Boddaert) in Jammu (Jammu and Kashmir), India // International J. of Biodiversity and Conservation. 2012. V. 4. № 13. P. 439–445.
38. *Lombardini K., Bennet R., Toureno C.* Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France // Condor. 2001. V. 103. № 1. P. 38–44.
39. *Maclean G.L., Gous R.M., Bosman T.* Effect of drought on the White Stork in Natal, South Africa // Vogelwarte. 1973. V. 27. № 2. P. 134–141.
40. *McKilligan N.G.* The food and feeding ecology of the Cattle Egret, *Ardeola ibis*, when nesting in South-East Queensland // Austral. Wildlife Res. 1984. V. 11. P. 133–144.
41. *Meyerriecks A.J.* Success story of a pioneering bird. The cattle egret's explosive spread in the New World provides a matchless chance for biological studies // Nat. History. 1960. V. 69. № 7. P. 46–57.
42. Migratory Birds as Spreaders of Emerging Diseases: Fact and Fiction (2016) // Animals, People, Pathogens | A Veterinary Perspective on Global Emerging Diseases. URL: <http://www.animalspeoplepathogens.com> (дата обращения: 28.12.2017).
43. *Owre O.T.* Cattle egret in Haiti // Auk. 1959. V. 76. № 3. P. 359.
44. *Restall R., Rodner C., Lentino M.* Birds of Northern South America. An identification guide. V. 2. Christopher Helm. London, 2006. 656 p.
45. *Rice D.W.* Symbiotic feeding of Snow Egrets with cattle // Auk. 1954. V. 71. № 4. P. 472–473.
46. *Seedikkoya K., Azeez P.A., Shukkur E.A.A.* Cattle Egret *Bubulcus ibis* habitat use and association with cattle // Forktail. 2005. V. 21. P. 74–76.
47. *Sharah, H.A., E.A. Ali and I.D. Mohammed.* The feeding behavior of the Cattle Egrets (*Bubulcus ibis* L.) in northeastern Arid zone of Nigeria // J. Agri. Soc. Sci., 2008. V. 4. P. 6–12.
48. *Sharland M.* Egrets in Ulmarra, N.S.W // Emu. 1957. V. 57. № 5. P. 114–117.
49. *Siegfried W.R.* Feeding activity of Cattle Egret // Ardea. 1971. V. 59. № 1–2. P. 38–46.

50. Siegfried W.R. Aspects of the feeding ecology of Cattle Egret, *Ardeola ibis*, in South Africa // *J. Anim. Ecol.* 1972. V. 41. № 1. P. 71–78.
51. Thompson C.F., Lanyon S.M., Thompson K.M. The influence of foraging benefits on association of Cattle Egrets (*Bubulcus ibis*) with Cattle // *Oecologia*. 1982. V. 52. № 2. P. 167–170.
52. Vincent J. Habits of *Bubulcus ibis*, the Cattle Egret in Natal // *Ibis*. 1947. V. 89. P. 489–491.
53. Winterbottom J.M. Birds following ploughs // *Bokmakierie*. 1971. V. 23. № 3. P. 68.

### *Literatura*

1. *Byome R.L., Flint V.E.* Pyatiyazy'chny'j slovar' nazvaniy zhivotny'x. M.: Russo, 1994. 846 s.
2. *Brem A.E.* Puteshestvie po Severo-Vostochnoj Afrike ili po stranam podvlastny'm Egiptu: Sudanu, Nubii, Sennaru, Rosseresu i Kordofanu. M.: Geografgiz, 1958. 646 s.
3. *Briketti P.* Pticy'. Spravochnik. M.: Astrel', 2004. 319 s.
4. *Dzhamirzoev G.S.* Egipetskaya czaplya *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758) // Pticy' Rossii i sopredel'ny'x regionov. Pelikanoobrazny'e. Aistobrazny'e. Flamingoobrazny'e. M.: KMK, 2011. S. 265–276.
5. *Kokshajskij N.V.* Metody' vizualizacii doby'chi u ptic // Ornitologiya. Vy'p. 11. M.: MGU, 1974. S. 126–135.
6. *Kokshajskij N.V.* Morfologiya i povedenie (na primere pishhedoby'vatel'noj aktivnosti czapel') // Mexanizmy' polyota i orientacii ptic. M.: Nauka, 1966. S. 169–223.
7. *Kokshajskij N.V.* Pticy' Peru. M.: Nauka, 1990. 303 s.
8. *Kokshajskij N.V., Mustafaev G.T.* Ob associaciayax ptic s domashnimi zhivotny'mi v Azerbajdzhane // Ucheny'e zapiski Azerb. Gos.un-ta. 1967 (1968). № 4. S. 73–81.
9. *Litvinenko N.M., Shibnev Yu.V.* O nekotory'x redkix pticax Yuzhnogo Primor'ya // Ornitologiya. Vy'p. 7. M.: MGU, 1965. S. 115–121.
10. *Nankinov D.N.* Kormovy'e associacii dikix ptic s domashnim skotom i ix proyavlenie na territorii Bolgarii // Rus. ornitol. zhurn. 2013. T. 22. № 949. S. 3373–3397.
11. *Rezanov A.G.* O kormovy'x associaciayax bely'x aistov *Ciconia ciconia* s korovami v Belorussii // Rus. ornitol. zhurn. 1997. T. 6. № 22. S. 17–19.
12. *Rezanov A.G.* Zametki po kormovomu povedeniyu ptic Nepala // Russkij ornitol. zhurn. 1999. T. 8. № 68. S. 6–16.
13. *Rezanov A.G.* Istoriko-geograficheskij analiz «sledovaniya za plugom» u ptic // Rus. ornitol. zhurn. 2008. T. 17. № 410. S. 499–513.
14. *Rezanov A.G., Rezanov A.A.* Ornitologicheskie nablyudeniya na ostrove Shri-Lanka v avguste 2005 goda // Rus. ornitol. zhurn. 2006. T. 15. № 329. S. 811–824.
15. *Rezanov A.G., Rezanov A.A.* Kormovy'e associacii aistobrazny'x (*Ciconiiformes*) s krupny'mi travoyadny'mi mlekopitayushhimi, zemleobrabaty'vayushhej i uborochnoj texnikoj // Branta. 2007. Vy'p. 10. S. 167–175.
16. *Rezanov A.G., Rezanov A.A.* Egipetskaya czaplya *Bubulcus ibis* v agrolandshaftax doliny' Nila // Rus. ornitol. zhurn. 2009. T. 18. № 512. S. 1616–1617.
17. *Rezanov A.G., Rezanov A.A.* O kormovoj associacii egipetskoj czapli *Bubulcus ibis* s domashnimi kopy'tny'mi zhivotny'mi na pastbishhny'x lugax Los-L'yanos v Venesue'le // Rus. ornitol. zhurn. 2013. T. 22. № 886. S. 1509–1512.

18. *Satunin K.A.* Materialy' k poznaniyu pticz Kavkazskogo kraja // *Zapiski Kavkazskogo otd. RGO.* Kn. 26. Vy'p. 3. Tiflis, 1907. 144 s.
19. *Tugarinov A.Ya.* Otryad *Ciconiiformes* — Aistoobrazny'e // *Fauna SSSR. Pticy' / pod red. E.N. Pavlovskogo.* T. 1. Vy'p. 3. M.-L.: AN SSSR, 1947. S. 188–284.
20. *Ali S.* *The Book of Indian Birds.* Oxford Univ. Press, 1996. 354 p.
21. *Ali S., Ripley S.D.* *Handbook of the birds of India and Pakistan. Vol. 1. Divers to Hawks.* Bombay. Oxford Univ. Press, 1968. 380 p.
22. *Brown L.H., Urban E.K., Newman K.* *The Birds of Africa. Vol. 1.* London Acad. Press., 1982. 521 p.
23. *Burger J., Gochfeld M.* Age differences in Cattle Egrets *Bubulcus ibis* foraging with wild ungulates in Kenya // *Ardea.* 1989. V. 77. № 2. P. 201–204.
24. *Cooper V.* Cattle Egrets following the plough // *Sunbird.* 1979. V. 10. № 3–4. P. 297.
25. *Dawn W.* Cattle Egrets provoke cattle to move and pick flies off bulls // *Auk.* 1959. V. 76. № 1. P. 97–98.
26. *Dean W.R.J., MacDonald L.A.W.* A review of African birds feeding in association with mammals // *Ostrich.* 1981. V. 52. № 3. P. 135–155.
27. *Denham R.* Cattle egret (*Bubulcus ibis*) on Cozumel Island, Quintana Roo, Mexico // *Auk.* 1959. V. 76. № 3. P. 359–360.
28. *Dinsmore J.J.* Foraging success of Cattle Egrets, *Bubulcus ibis* // *Amer. Midland Natur.* 1973. V. 89. № 1. P. 242–246.
29. *Fogarty M.J., Hetrick W.M.* Summer foods of Cattle Egrets in North Central Florida // *Auk.* 1973. V. 90. № 2. P. 268–280.
30. *Gerhard F., Taliaferro E.H.* Density-dependent patch selection by foraging Cattle Egrets // *Waterbirds.* 2003. V. 26. № 3. P. 364–369.
31. *Grimmett R., Inskip C., Inskip T.* *Birds of the Indian Subcontinent.* Oxford Univ. Press, 2014. 528 p.
32. *Grubb T.C., Jr.* Adaptiveness of foraging in the Cattle Egret // *Wilson Bull.* 1976. V. 88. № 1. P. 145–148.
33. *Heinzel H., Fitter R.S.R., Parslow J.* *Birds of Britain and Europe with North Africa and the Middle East.* London – New York – Glasgow-Sydney – Auckland – Toronto – Delhi. Harper Collins Publ, 1997. 384 p.
34. *Hilty S.L.* *Birds of Venezuela.* Princeton Univ. Press, 2003. 928 p.
35. *Kioko J., Boyd E., Schaeffer E., Tareen S., Kiffner C.* Cattle Egret *Bubulcus ibis* interactions with large mammals in the Tarangire-Manyara Ecosystem, Northern Tanzania // *Scopus.* 2016. V. 36. № 1. P. 15–20.
36. *King B., Woodcock M., Dickinson E.C.* *Birds of South-East Asia.* Harper Collins Publ., 1995. 480 p.
37. *Kour D.N., Sahi D. N.* Studies on the community ecology of cattle egrets *Bubulcus ibis coromandus* (Boddaert) in Jammu (Jammu and Kashmir), India // *International J. of Biodiversity and Conservation.* 2012. V. 4. № 13. P. 439–445.
38. *Lombardini K., Bennets R., Toureno C.* Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France // *Condor.* 2001. V. 103. № 1. P. 38–44.
39. *Maclean G.L., Gous R.M., Bosman T.* Effect of drought on the White Stork in Natal, South Africa // *Vogelwarte.* 1973. V. 27. № 2. P. 134–141.
40. *McKilligan N.G.* The food and feeding ecology of the Cattle Egret, *Ardeola ibis*, when nesting in South-East Queensland // *Austral. Wildlife Res.* 1984. V. 11. P. 133–144.

- 
41. *Meyerriecks A.J.* Success story of a pioneering bird. The cattle egret's explosive spread in the New World provides a matchless chance for biological studies // *Nat. History*. 1960. V. 69. № 7. P. 46–57.
42. Migratory Birds as Spreaders of Emerging Diseases: Fact and Fiction (2016) // *Animals, People, Pathogens | A Veterinary Perspective on Global Emerging Diseases*. URL: <http://www.animalspeoplepathogens.com> (дата обращения: 28.12.2017).
43. *Owre O.T.* Cattle egret in Haiti // *Auk*. 1959. V. 76. № 3. P. 359.
44. *Restall R., Rodner C., Lentino M.* Birds of Northern South America. An identification guide. V. 2. Christopher Helm. London, 2006. 656 p.
45. *Rice D.W.* Symbiotic feeding of Snow Egrets with cattle // *Auk*. 1954. V. 71. № 4. P. 472–473.
46. *Seedikkoya K., Azeez P.A., Shukkur E.A.A.* Cattle Egret *Bubulcus ibis* habitat use and association with cattle // *Forktail*. 2005. V. 21. P. 74–76.
47. *Sharah, H.A., E.A. Ali and I.D. Mohammed.* The feeding behavior of the Cattle Egrets (*Bubulcus ibis* L.) in northeastern Arid zone of Nigeria // *J. Agri. Soc. Sci.*, 2008. V. 4. P. 6–12.
48. *Sharland M.* Egrets in Ulmarra, N.S.W // *Emu*. 1957. V. 57. № 5. P. 114–117.
49. *Siegfried W.R.* Feeding activity of Cattle Egret // *Ardea*. 1971. V. 59. № 1–2. P. 38–46.
50. *Siegfried W.R.* Aspects of the feeding ecology of Cattle Egret, *Ardeola ibis*, in South Africa // *J. Anim. Ecol.* 1972. V. 41. № 1. P. 71–78.
51. *Thompson C.F., Lanyon S.M., Thompson K.M.* The influence of foraging benefits on association of Cattle Egrets (*Bubulcus ibis*) with Cattle // *Oecologia*. 1982. V. 52. № 2. P. 167–170.
52. *Vincent J.* Habits of *Bubulcus ibis*, the Cattle Egret in Natal // *Ibis*. 1947. V. 89. P. 489–491.
53. *Winterbottom J.M.* Birds following ploughs // *Bokmakierie*. 1971. V. 23. № 3. P. 68.

*A.G. Rezanov,  
A.A. Rezanov*

### **The Pasture Feeding Associations of the Egyptian Egret *Bubulcus ibis*: Ecological, Geographical and Historical Analysis**

In this article the authors have analysed the material on the pasture feeding associations of the Egyptian egret *Bubulcus ibis*, collected by the authors in different regions of the globe: in tropical and subtropical regions of South Asia (Nepal, Sri-Lanka), North Africa (Egypt, Tunisia) and in South America (Venezuela). On the basis of the authors' own observations and literary data, a detailed ecological, geographical and historical analysis of the phenomenon was made.

*Keywords:* Egyptian egret *Bubulcus ibis*; pasture feeding associations; South and South-East Asia; Africa; Central and South America.

Е.О. Фадеева

## Микроструктура махового пера сороки (*Pica pica*)

Представлены оригинальные результаты сравнительного электронно-микроскопического исследования тонкого строения первостепенного махового пера сороки (*Pica pica*) с использованием сканирующего электронного микроскопа. На основании проведенного исследования установлено, что у сороки, наряду с характерными для врановых особенностями тонкого строения контурного пера, имеется ряд видоспецифических структурных элементов, важных с точки зрения таксономической диагностики.

*Ключевые слова:* сорока; электронно-микроскопическое исследование; первостепенное маховое перо; микроструктура пера.

**С**орока (*Pica pica* L., 1758) является представителем семейства врановые (*Corvidae*), отряда воробьинообразные (*Passeriformes*) и отличается характерной черно-белой окраской. Населяет разнообразные ландшафты с древесно-кустарниковой растительностью.

В настоящее время биология сороки как широко распространенного вида врановых достаточно подробно исследована. Тем не менее в современных работах, приводящих подробные описания отличительных морфологических признаков в строении тела и оперения сороки, абсолютно отсутствуют сведения об особенностях строения микроструктуры ее перьевого покрова.

Учитывая большой интерес к таксономически важным элементам морфологии перьевого покрова птиц и тонкого строения дефинитивных контурных перьев в частности, мы подробно исследовали ряд видоспецифических особенностей микроструктуры первостепенного махового пера сороки — важнейшего функционального элемента крыла птиц — с применением сканирующего электронного микроскопа (SEM), чего до сих пор в полной мере не проводилось.

Материалом для работы послужили первостепенные маховые перья взрослых особей сороки. Использовали наиболее информативные фрагменты пера — бородки первого порядка (далее бородки I) и бородки второго порядка (далее бородки II) контурной и пуховой частей опахала первостепенного махового пера.

Препараты бородок были приготовлены стандартным, многократно апробированным нами методом, подробное описание которого дано нами ранее [3; 4].

Подготовленные препараты напыляли золотом методом ионного напыления в условиях вакуума на установке Edwards S-150A (Великобритания), просматривали и фотографировали с применением SEM JEOL-840A (Япония), при ускоряющем напряжении 15 кВ.

В целом изготовлено 33 препарата бородок контурной и пуховой частей опахала первостепенного махового пера сороки, на основании которых сделано и проанализировано 113 электронных микрофотографий (электросканограмм).

Анализ полученных электросканограмм позволил подробно исследовать особенности микроструктуры контурного пера сороки и сравнить полученные данные с особенностями тонкого строения контурных перьев других представителей рода *Corvus*, изученных нами ранее [1; 2].

За основу описания микроструктуры пера были взяты следующие качественные показатели: в контурной части опахала — конфигурация поперечного среза бородки I, строение сердцевины на поперечном и продольном срезах бородки I, строение кутикулы бородки I: рельеф кутикулярной поверхности, форма и ориентация (относительно длинной оси бородки) кутикулярных клеток; в пуховой части опахала пера — форма узлов в проксимальном отделе бородок II (далее — пуховые бородки): характер и степень расчлененности апикальной части сегментов, форма зубцов и степень отклонения их от основной оси пуховой бородки. Кроме того, нами были проведены специальные морфометрические исследования тонкого строения контурного пера сороки с использованием таксономически значимых количественных характеристик бородки I, существенно дополняющих видоспецифичные особенности микроструктуры контурного пера сороки.

Конфигурация поперечного среза. Форма поперечного среза базальной части бородки I контурной части опахала пера у сороки, как и у большинства исследованных видов врановых, уплощенная (рис. 1).

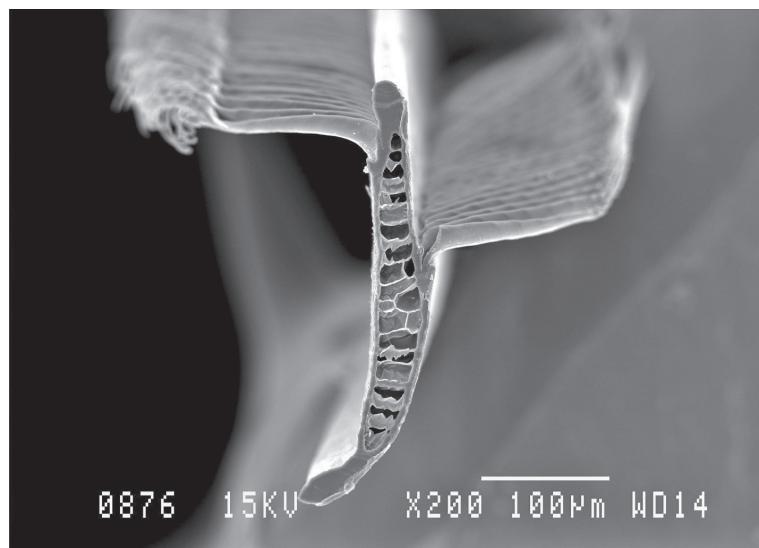
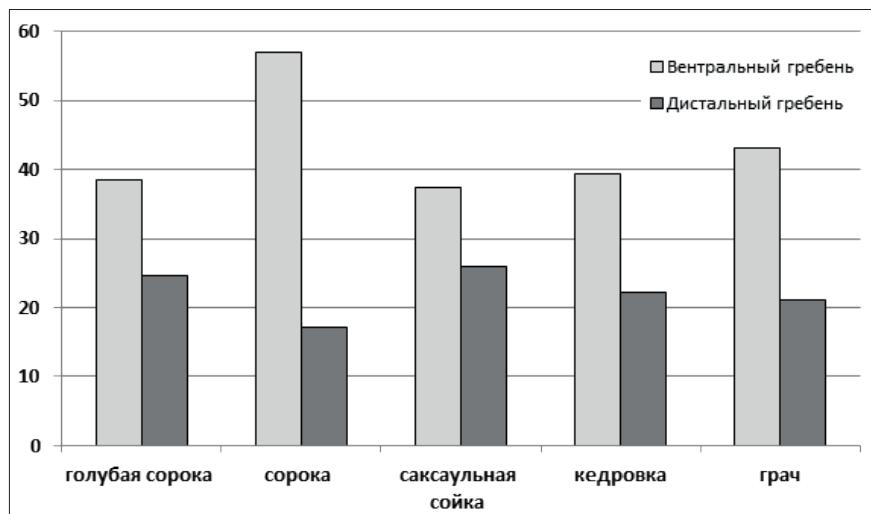


Рис. 1. Электросканограмма поперечного среза базального участка бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки.

Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 200$

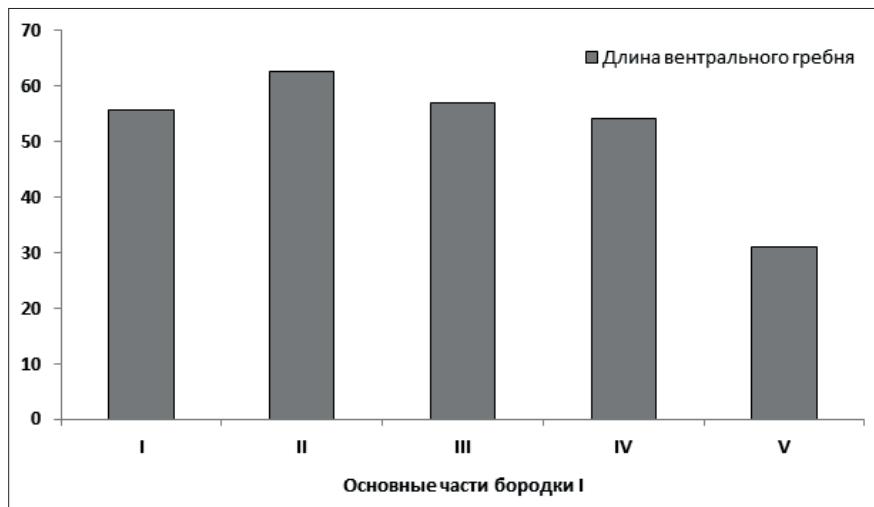
При этом у сороки вентральный гребень на поперечном срезе базальной части бородки I хорошо выражен и его длина превышает таковую дорсального гребня, что отличает сороку от большинства исследованных нами видов врановых (голубая сорока, саксаульная сойка, кедровка, грач), у которых вентральный и дорсальный гребни слабо выражены [1; 2]. Соотношение длины вентрального и дорсального гребней с общей длиной поперечного среза базальной части бородки I у сороки и ряда других исследованных видов врановых отражает столбчатая диаграмма, приведенная на рисунке 2.



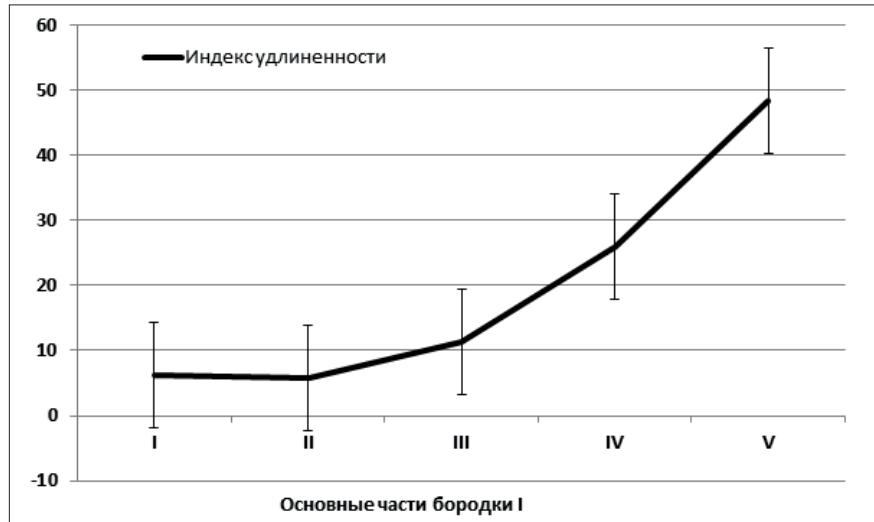
**Рис. 2.** Соотношение длины вентрального и дорсального гребней с общей длиной поперечного среза (%) базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки

Конфигурация и параметры удлиненности поперечного среза вышележащих участков бородки I (медиальная и дистальная части) заметно изменяются по сравнению с приведенными выше характеристиками базальной части: значительно уменьшается длина вентрального гребня, постепенно уменьшается общая длина поперечного среза бородки и одновременно увеличивается ширина, вследствие чего поперечный срез медиальной части бородки I приобретает более округлую, ланцетовидную форму, что находит отражение в изменении величины индекса удлиненности (соотношение ширины и длины поперечного среза, выраженное в процентах). Данные столбчатой диаграммы и графика, приведенные соответственно на рисунках 3 и 4, подтверждают указанную закономерность: в направлении к вершине бородки I — от нижней базальной части бородки (проксимальный участок) к верхней дистальной части бородки — уменьшается длина вентрального гребня (рис. 3) и возрастает индекс удлиненности (рис. 4).

**Строение сердцевины бородки I.** У сороки сердцевина бородки представлена совокупностью плотно упакованных полигональных полостей, разделенных

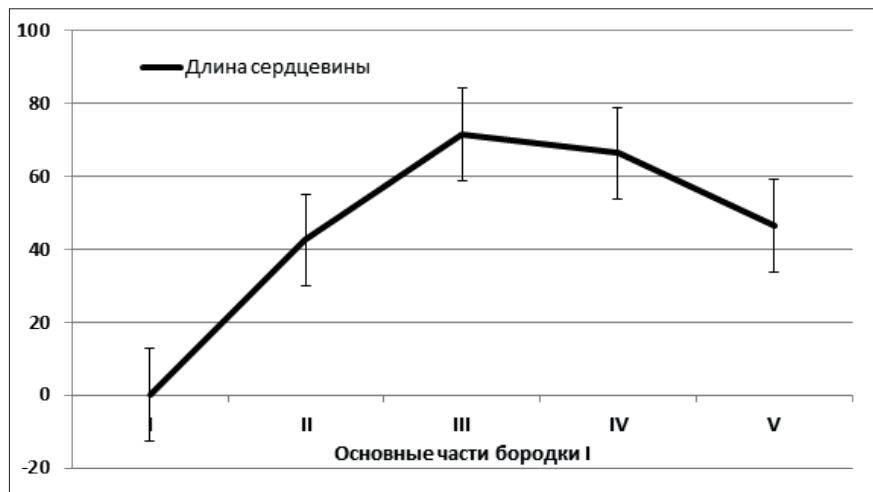


**Рис. 3.** Соотношение длины вентрального гребня с общей длиной поперечного среза (%) в разных частях бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бородки I:  
 I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок),  
 III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная



**Рис. 4.** Изменение величины индекса удлиненности поперечного среза в разных частях бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бородки I:  
 I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок),  
 III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная

тонкими перегородками (стенками полостей). Выявленная нами у сороки тенденция изменения конфигурации и параметров удлиненности поперечного среза по направлению к вершине бородки I характерна также и для сердцевины. Отсутствующая в подопахальцевой части бородки I сердцевина появляется в последующих частях бородки, заметно преобладая во внутренней структуре дистального участка базальной части, а также в медиальной части бородки I (рис. 5).



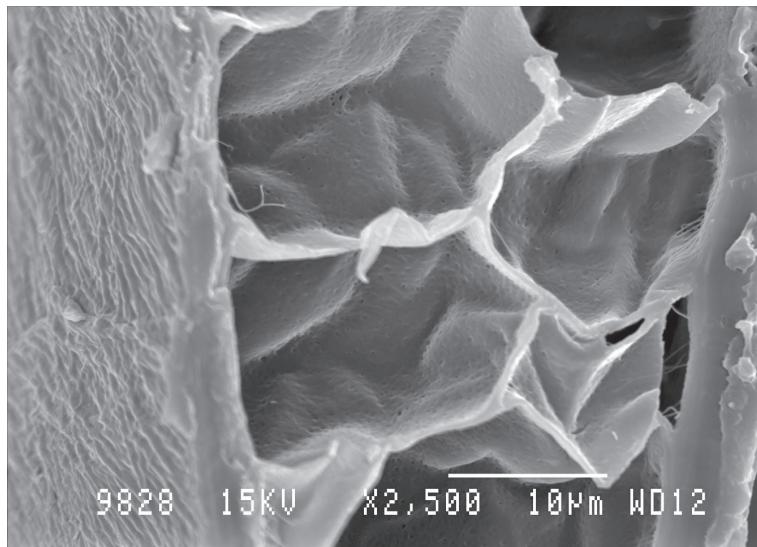
**Рис. 5.** Соотношение длины сердцевины с общей длиной поперечного среза (%) в разных частях бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера у сороки. Основные части бородки I:

I — подопахальцевая, II — базальная (проксимальный участок),  
III — базальная (дистальный участок), IV — медиальная, V — дистальная

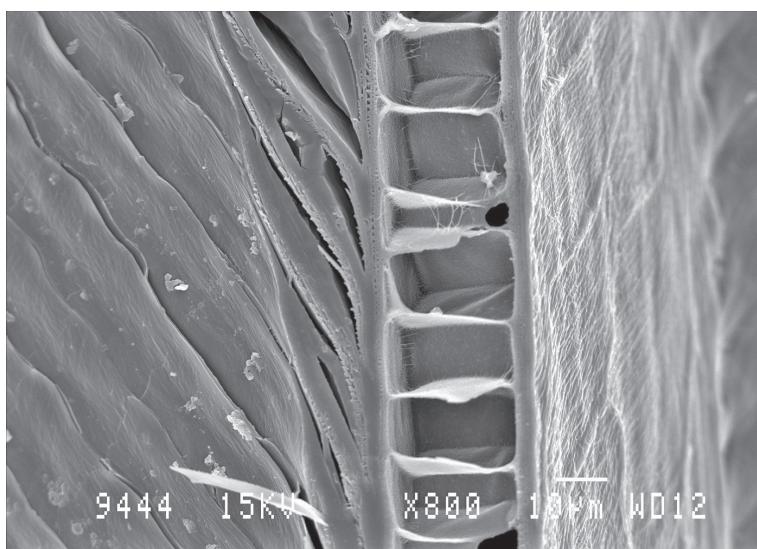
У сороки, как и у большинства исследованных нами видов врановых, сердцевина на поперечном и продольном срезах бородки однорядная. Конфигурация сердцевинных полостей (ячей) достаточно разнообразна: от полигональных округлых или уплощенных поперечно расположенных ячеек с неровными очертаниями на поперечном срезе бородки (рис. 6) до прямоугольных сердцевинных полостей на продольном срезе (рис. 7). При этом на продольном срезе полости исключительно четырехугольные, с относительно ровными очертаниями, что отличает сороку от подавляющего большинства исследованных нами видов врановых, у которых сердцевинные полости на продольном срезе бородки I имеют неровные очертания.

Отличительной особенностью в строении сердцевины бородки I у сороки является отсутствие в полостях пигментных гранул, наличие которых выявлено у большинства исследованных нами видов врановых.

Характерный для подавляющего большинства исследованных видов врановых каркас сердцевинных полостей, образованный тонкими роговыми нитями, у сороки развит незначительно: на поперечном и продольном срезах встречается



**Рис. 6.** Электросканограмма сердцевины на поперечном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 2500$



**Рис. 7.** Электросканограмма сердцевины на продольном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера сороки. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 800$

мало нитей, что отличает сороку от других исследованных видов врановых. Например, у саксаульной сойки в каркасе отдельных сердцевинных полостей нити образуют густые скопления, у галки обилие нитей в сердцевинных полостях выявлено на продольном срезе, у сойки нити образуют кружевные сплетения на отдельных участках перегородок сердцевинных полостей [1; 2].

**Структура кутикулярной поверхности** бородки I отчетливо различима на латеральных сторонах дорсального и вентрального гребней. Однако орнамент кутикулярной поверхности у сороки, как и у других изученных видов врановых, значительно меняется в разных участках бородки. Вследствие этого для сравнительного анализа нами был выбран конкретный участок кутикулярной поверхности, а именно проксимальный участок базальной части бородки I. Орнамент поверхности здесь мозаичный (мостовидный), т. е. кутикулярные клетки располагаются встык.

Пяти-, шестиугольные клетки, ориентированные вдоль продольной оси бородки I, имеют удлиненную форму, что достаточно часто встречается среди исследованных видов врановых. У сороки, как и у большинства исследованных нами видов врановых, края кутикулярных клеток утолщенные и валиковидные, вследствие чего границы между клетками хорошо различимы. Поверхность клеток кутикулы имеет сглаженный волокнистый рельеф, в структуре которого наблюдается достаточно плотное переплетение волокон, ориентированных вдоль или под углом относительно вертикальной оси кутикулярной клетки.

**Структура пуховых бородок.** Пуховые бородки имеют типичное для врановых строение: расширенное основание, состоящее из удлиненных, ремневидных базальных клеток и перышко — сегментированный отдел, сформированный чередующимися узлами и междуузлиями.

Таксономически значимой особенностью в структуре базальных клеток является наличие специфических выростов-ворсинок базальной клетки — виллисов. У сороки, так же как и у других изученных нами видов врановых, базальные клетки бородок II пуховой части первостепенных маховых перьев не содержат выростов, однако наличие виллисов отмечено нами в структуре базальных клеток пуховых бородок покровных перьев исследованных видов врановых, включая сороку.

У сороки поверхность кутикулы сегментированного отдела (узлов и междуузлий) пуховых бородок характеризуется хорошо различимой фибрillлярной исчерченностью, в отличие, например, от неотчетливой фибрillлярной исчерченности поверхности кутикулы перышка пуховых бородок у голубой сороки, саксаульной сойки, а также галки [1; 2].

В строении проксимального отдела пуховых бородок у сороки выявлен ряд специфических характеристик. Апикальная часть сегмента почти не расширена, и междуузлие плавно переходит в узел. Узлы имеют четыре-пять конических, заостренных зубцов свободного края. У сороки зубцы свободного края апикальной части сегмента почти не отклоняются в стороны от продольной оси пуховой бородки, тогда как у большинства исследованных нами других видов врановых зубцы отклоняются от бородки под углом 30° (кукша, саксаульная сойка, галка, грач) или 45° (вороны) [1; 2].

Таким образом, в результате проведенного нами исследования особенностей микроструктуры контурного пера сороки и сравнения полученных данных с особенностями тонкого строения контурных перьев изученных нами

ранее других представителей рода *Corvus*, установлено, что наряду с традиционными для представителей врановых элементами архитектоники пера у сороки имеется ряд видоспецифических характеристик тонкого строения контурного пера, а именно: четкая выраженность центрального гребня на поперечном срезе нижней трети бородки I; разнообразие конфигурации воздухоносных полостей сердцевинного тяжа: от полигональных округлых или уплощенных поперечно расположенных ячеек с неровными очертаниями на поперечном срезе бородки до прямоугольных сердцевинных полостей на продольном срезе — исключительно четырехугольных, с относительно ровными очертаниями; в структуре сердцевинных полостей встречается мало нитей и отсутствуют пигментные гранулы; в строении проксимального отдела пуховых бородок поверхность кутикулы сегментированного отдела отличается четко выраженной фибрillлярной исчерченностью, апикальная часть сегмента почти не расширена, конические заостренные зубцы свободного края апикальной части сегмента почти не отклоняются в стороны от продольной оси пуховой бородки.

Полученные нами результаты свидетельствуют, что выявленные основные видоспецифические характеристики тонкого строения дефинитивного контурного пера сороки имеют важное таксономическое значение в контексте проблем диагностики пера на основе его микроструктуры для целей биологической экспертизы, а также могут быть использованы для исследования направленности и динамики сложной радиации морфологических и адаптационных изменений микроструктуры пера в филогенезе птиц.

### *Литература*

1. *Фадеева Е.О.* Особенности микроструктуры первостепенных маховых перьев некоторых видов врановых (*Corvidae*) // Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии: материалы V Международной конференции (Россия, г. Улан-Удэ, 17–19 мая 2012 г.). Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2012. С. 201–205.
2. *Фадеева Е.О.* Особенности тонкого строения дефинитивного контурного пера врановых (*Corvidae*) // Экология, эволюция и систематика животных: материалы Международной научно-практической конференции. Рязань: НП «Голос губернии», 2012. С. 383–384.
3. *Фадеева Е.О.* Диагностические возможности контурного пера птиц на основе его микроструктуры // Вестник МГПУ, серия «Естественные науки». 2015. № 4 (20). С. 67–77.
4. *Фадеева Е.О.* Видоспецифические особенности тонкого строения дефинитивного контурного пера обыкновенной сипухи (*Tyto alba* Scopoli, 1769) // Вестник МГПУ, серия «Естественные науки», 2015. № 4 (20). С. 78–84.

### *Literatura*

1. *Fadeeva E.O.* Osobennosti mikrostruktury' pervostepenny'x maxovy'x per'ev nekotory'x vidov vranovy'x (*Corvidae*) // Sovremennye problemy' ornitologii Sibiri i Central'noj Azii: materialy' V Mezhdunarodnoj konferencii (Rossiya, g. Ulan-Ude', 17–19 maya 2012 g.). Ulan-Ude': Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta, 2012. S. 201–205.

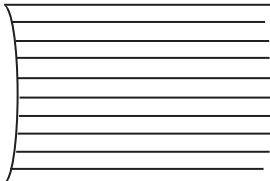
2. Fadeeva E.O. Osobennosti tonkogo stroeniya definitivnogo konturnogo pera vranovy'z (*Corvidae*) // E'kologiya, e'voljuciya i sistematika zhivotny'x: materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ryazan': NP «Golos gubernii», 2012. S. 383–384.
3. Fadeeva E.O. Diagnosticheskie vozmozhnosti konturnogo pera ptic na osnove ego mikrostruktury' // Vestnik MGPU, seriya «Estestvenny'e nauki», 2015. № 4 (20). S. 67–77.
4. Fadeeva E.O. Vidospecificheskie osobennosti tonkogo stroeniya definitivnogo konturnogo pera oby'knovennoj sipuxi (*Tyto alba* Scopoli, 1769) // Vestnik MGPU, seriya «Estestvenny'e nauki», 2015. № 4 (20). S. 78–84.

**E.O. Fadeeva**

### **The Microstructure of Flight Feather of a Magpie (*Pica pica*)**

The original results on the scanning electron microscope comparative investigation of the Magpie (*Pica pica*) primary remex fine structure. On the basis of the conducted research, the authors found out that among Magpies, along with characteristic for Corvidae features of the thin structure of the contour feather, there are a number of species-specific structural elements important from the point of view of taxonomic diagnostics.

*Keywords:* Magpie; electronic microscopic iresdearch; primary remex; microstructure of a feather.



## Науки о Земле

УДК 550.4

**А.Е. Козаренко,  
В.А. Семенов**

### Некоторые формы алюминия в почвах Хибинско-Ловозерского щелочного плутона

В статье приводятся данные содержания некоторых форм алюминия в почвах разных элементарных ландшафтов Хибинского и Ловозерского массивов. Особое внимание уделено водорастворимым, 0,1 н. NaOH-растворимым, обменным, оксалатрастворимым формам. Характер дифференциации форм алюминия в почвах щелочной провинции во многом определяется особенностями органического вещества, а также химико-минералогическим составом почвообразующих и коренных пород.

*Ключевые слова:* формы алюминия; органическое вещество; профильная дифференциация; химико-минералогический состав; почвообразующие породы.

#### Введение

Алюминий (Al) — один из самых распространенных в природе элементов. Он занимает 3-е место после кислорода и кремния, с которыми в виде алюмосиликатов составляет больше 82 % массы земной коры [8: с. 3–4]. С формами Al связана кислотность почв. В определенных концентрациях Al оказывает токсическое действие на растения и на организм человека. Для Хибинско-Ловозерской нефелиново-сиенитовой провинции Al является типоморфным элементом в ландшафте [2: с. 28–29]. В настоящей статье рассматриваются вопросы профильной дифференциации различных форм Al, а также особенности миграции данного химического элемента в почвах Хибин и Ловозерских тундр (Луявурт).

#### Методика экспериментальных исследований

Отбор образцов проводился в долине р. Эльморайок (Ловозерские тундры) и долинах рек Часнайок, Кунийок, Рисйок (Хибины) в основных высотных

поясах (северная тайга, горная лесотундра, горная тундра). Основная часть экспериментальных исследований производилась авторами в лаборатории геохимии ландшафта географического факультета МПГУ; определение валового алюминия выполнялось в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского (ГЕОХИ РАН) по методике рентген-флюоресцентного анализа [7: с. 1611–1618]. Были изучены следующие формы Al: водорастворимый, органический (вытяжка 0,1 н. NaOH), обменный (вытяжка 1 н. KCl [9: с. 45–51]) и оксалатрастворимый (раствор щавелевокислого аммония с pH 3,2, по О. Тамму) [1: с. 156–158]. Водная вытяжка характеризует наиболее подвижные и легкорастворимые формы Al в профиле почв. При обработке почвы 0,1 н раствором NaOH в раствор переходят в основном органические соединения Al, в том числе связанные с подвижной частью почвенного гумуса. Раствор 1 н. KCl переводит в вытяжку Al диффузного и отчасти неподвижного слоя компенсирующих ионов коллоидной мицеллы почв. Такой ион Al<sup>3+</sup>, непосредственно формирующий наряду с H<sup>+</sup> обменную кислотность почв, называется обменным [9: с. 45–51]. При обработке почвы реагентом Тамма [1: с. 157] в раствор переходят подвижные неорганические соединения Al (половторные окислы и гидрооксиды). Реактив Тамма переводит в раствор окристаллизованные соединения Al [9: с. 45–51], а также аморфные гидратированные алюмосиликаты [2: с. 36–38].

Определение водорастворимого, щелочно-растворимого и оксалатрастворимого Al проводилось новым методом на ФЭК-3. Содержание обменного Al в почвах осуществлялось титриметрически по методике А.В. Соколова [1: с. 156–158].

### **Водорастворимые соединения алюминия**

Содержание водорастворимых форм Al в изученных почвах весьма низкое — от  $0,01 \cdot 10^{-4} \%$  до  $1,17 \cdot 10^{-4} \%$  (табл. 1). Наибольшее содержание водорастворимого Al отмечено в бурых торфянистых горно-таежных почвах и таежных подбурах предгорий. При этом названные почвы Луявурта отличаются более высокими показателями данных форм Al, чем почвы Хибин [8: с. 2–16]. Разница между концентрациями водорастворимого Al в сходных типах почв Хибин и Луявурта невелика, хотя для органогенных горизонтов может достигать 1,5 раз. Самое большое содержание водорастворимого Al отмечено в верхних горизонтах всех рассмотренных типов почв, но убывает с глубиной. Такой характер распределения связан с поступлением атмосферной влаги и нисходящей миграцией, способствующей выносу элементов за пределы почвенной толщи.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности, как и в бурых торфянистых горно-таежных почвах изучаемых территорий, наибольшее содержание водорастворимого Al отмечено в горизонте At, что говорит о связи этих форм с органическим веществом почв. В мощной кислой бурой почве субальпийского ландшафта, обнаруженной лишь в пределах Ловозерских тундр, обращает на себя внимание увеличение содержания водорастворимого Al в горизонте С. Это может быть связано с тем, что почва была вскрыта в речной

Таблица 1

## Среднее содержание водорастворимых соединений Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луявурта по высотным поясам (80 проб)

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание водорастворимого Al, $1 \cdot 10^{-4} \%$	Валовое содержание Al, %	Содержание водорастворимого Al от валового, $1 \cdot 10^{-4} \%$		
						На воздушно-сухое вещество		
Луявурт	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	A <sub>0</sub> 0–7	1,00	—	—		
			A <sub>т</sub> 8–12	0,69				
			A/B 14–18	0,14				
			B 28–35	0,02				
			C 47–53	0,01				
	Хибины		A <sub>0</sub> 0–4	—	0,212	—		
			A <sub>т</sub> 4–11	0,59	3,287	17,95		
			A/B 11–14	0,04	7,372	0,54		
			B/C 23–28	0,03	10,675	0,28		
			Бурая торфянистая горно-таежная	A <sub>0</sub> 0–4	1,17	2,113		
	Луявурт			A <sub>т</sub> 4–12	0,59	55,37		
				A 12–16	0,54	49,33		
				B/C 33–38	0,02	9,19		
				A <sub>0</sub> 0–4	5,875	0,21		
				A <sub>т</sub> 4–10	9,653			
				B/C 22–27	0,05			
				C 31–45	0,02			
	Субальпийские березняки		A <sub>0</sub> 0–3	0,76				
			A <sub>т</sub> 3–7	0,50				
			A <sub>1</sub> 12–18	—				
			B 65–70	—				
			C 88–98	0,15				
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	A <sub>0</sub> 0–3	0,94	0,597	157,45		
			A <sub>т</sub> 3–7	0,19	5,838	3,25		
			A <sub>1</sub> 12–18	0,03	5,986	0,50		
			B 65–70	следы	8,510	следы		
			C 88–98	0,15	7,870	1,91		
			A <sub>0</sub> 0–3	0,47	0,385	122,07		
			A/B 10–15	0,07	5,716	1,22		
			B/C 32–38	0,03	11,273	0,27		
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	A <sub>0</sub> 0–3	0,54	—	—		
			A <sub>т</sub> 5–10	0,72				
			B/C 20–28	0,05				
			C 36–42	0,02				
			A <sub>0</sub> 0–3	0,57	—	—		
			A <sub>т</sub> 3–9	0,12				
			B/C 17–23	0,03				
			A <sub>0</sub> 0–3	0,92	—	—		
			A <sub>т</sub> 3–6	0,16				
			B/C 8–12	0,02				
			C 18–30	0,04				

Примечание. Знак «—» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

долине, где почвообразующая порода представлена в основном речными наносами, богатыми органикой.

Характер дифференциации водорастворимого Al в темных подбурах лесотундрового пояса сходен с таковым для этого элемента в почвах горной тайги. Содержание подвижного Al здесь невелико и достигает в горизонте At  $0,72 \cdot 10^{-4} \%$ . Тундровые подбуры характеризуются уменьшением содержания водорастворимого Al вниз по профилю почв (см. табл. 1). В качестве причин, объясняющих низкие концентрации водорастворимых форм Al, назовем следующие: 1) образование алюминием прочных соединений с органическим веществом. Очевидно, что низкое обнаружение Al в водной вытяжке связано с его способностью образовывать устойчивые связи с почвенной органикой. Водная экстракция как достаточно слабый реагент эти связи не разрушает; 2) значение pH. Содержание водорастворимого Al выше в слабокислых почвах, чем в нейтральных и щелочных. Почвы с высокими значениями pH характеризуются минимальным содержанием названных форм Al. Подтверждением незначительной роли данных форм Al служит процентное содержание водорастворимого Al от валового (см. табл. 1). Доля водорастворимых форм Al в общем содержании элемента в почве составляет всего от  $0,16 \cdot 10^{-4} \%$  до  $157,45 \cdot 10^{-4} \%$ . Наибольший процент Al от валового отмечен для органогенных горизонтов всех типов почв, наименьшая доля приходится на нижние минеральные горизонты. Из этого следует, что Al наиболее подвижен в органогенных горизонтах.

### Формы алюминия, извлекаемые вытяжкой 0,1 н. NaOH

Почвы нефелиново-сиенитовых массивов Кольского полуострова гораздо богаче щелочно-растворимым Al, чем его водорастворимыми формами. Их среднее содержание для Al составляет от  $0,33$  до  $10,09 \cdot 10^{-3} \%$  (табл. 2). Отметим, что Al, растворимый в 0,1 н. NaOH, был обнаружен во всех образцах почв. Это, очевидно, объясняется тем, что данная форма Al также прочно связана с органическим веществом почв (как живым, так и отмершим и гумифицированным) [9: с. 64], а также с химико-минералогическим составом коренных и почвообразующих пород. При этом почвы как Луявурта, так и Хибин в равной степени обогащены щелочно-растворимым Al.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности, вскрытых у подножий склонов, отмечено наибольшее содержание указанных форм Al в горизонте At. Это дает основания подчеркнуть связь данной формы элемента с мертвым органическим веществом. Горизонт At/B с признаками оподзоливания обеднен органическим Al, как формирующийся горизонт вымывания. Второй пик щелочно-растворимого Al приходится на почвообразующую породу и прилежащий к ней горизонт B. Здесь четко просматривается влияние коренных пород, содержащих значительное количество валового Al [5: с. 124], а также результаты вымывания гумусовых соединений в горизонт B. В темных таежных подбурах

Таблица 2

**Среднее содержание Al, растворимого в 0,1 н. NaOH, и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврута по высотным поясам (112 проб)**

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание растворимого в 0,1 н. NaOH алюминия, $1 \cdot 10^{-3} \%$	Содержание растворимого в 0,1 н. NaOH алюминия от валового, $1 \cdot 10^{-3} \%$
				На воздушно-сухое вещество	
Луяврут	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	$A_0$ 0–7	0,75	—
			$A_t$ 8–12	5,35	
			$A/B$ 14–18	0,36	
			$B$ 28–35	1,72	
		Бурая торфянистая горно-таежная	$C$ 47–53	1,74	
			$A_0$ 0–4	1,97	929,25
			$A_t$ 4–11	2,78	84,58
			$A/B$ 11–14	1,88	25,50
Хибины			$B/C$ 23–28	0,46	4,31
			$A_0$ 0–4	1,52	71,94
			$A_t$ 4–12	1,63	163,00
			$A$ 12–16	2,94	50,04
			$B/C$ 33–38	1,38	14,30
			$A_0$ 0–4	4,95	—
			$A_t$ 4–10	2,23	
			$B/C$ 22–27	2,62	
Луяврут	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	$C$ 31–45	0,53	
			$A_0$ 0–3	5,15	862,65
			$A_t$ 3–7	8,39	143,71
			$A_1$ 12–18	1,27	21,22
			$B$ 65–70	0,78	9,17
			$C$ 88–98	1,16	1,47
			$A_0$ 0–3	0,40	103,90
			$A/B$ 10–15	2,19	38,31
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	$B/C$ 32–38	1,03	9,14
			$A_0$ 0–3	4,95	—
			$A_t$ 5–10	2,23	
			$B/C$ 20–28	2,62	
			$C$ 36–42	0,53	
			$A_0$ 0–4	9,06	—
			$A_t$ 11–15	10,09	
			$A$ 23–28	0,52	
Луяврут	Горная тундра	Тундровый подбур	$A/B$ 43–47	0,66	
			$A_0$ 0–3	1,77	—
			$A_t$ 3–6	7,93	
			$B/C$ 8–12	0,58	
			$C$ 18–30	1,37	—
			$A_0$ 0–5	0,33	
			$A_t$ 5–11	5,29	
			$A$ 12–18	1,26	
Хибины			$B/C$ 23–28	2,10	26,07

*Примечание.* Знак «—» означает отсутствие данных.

Хибин в среднем содержитя меньше Al по сравнению со сходными почвами Луяврурга [8: с. 2–16].

В бурых торфянистых горно-таежных почвах распределение органических форм Al иное (см. табл. 2). Максимальное содержание отмечено в горизонте A0 (Хибины) и богатом органикой горизонте А (Луяврург). Содержание Al в нижних горизонтах почв невелико. Почвы субальпийских березняков Луяврурга характеризуются более высоким содержанием данных форм Al, чем почвы горно-лесных ландшафтов. Наибольшее содержание наблюдается в горизонте At; наименьшее — в горизонте В. Это подтверждает существенную роль коренных пород в дифференциации по профилю почв данных форм Al [9: с. 70–71]. Темные торфянистые подбуры лесотундрового пояса Луяврурга отличаются максимальной концентрацией щелочно-растворимого Al среди рассмотренных типов почв ( $10,09 \cdot 10^{-3}$ ), в горизонте At. В Хибинах наибольшее содержание данных форм Al также отмечено в горизонтах At или A0, хотя эти данные почти в два раза ниже, чем для Луяврурга. Наименьшие значения щелочно-растворимого Al отмечены в нижних горизонтах почв обоих массивов.

Почвы горно-тундровых ландшафтов также достаточно богаты органическим Al, причем его максимум также наблюдается в горизонте At. Минимальные значения выявлены в горизонтах В/С (Хибины) и A0 (Луяврург). Малое содержание данных форм Al в подстилке объясняется скучностью тундровой растительности и незначительной биомассой. Показатель процентного содержания органического Al от валового указан в таблице 2. Доля щелочно-растворимого Al в общем содержании элемента в почве мала и составляет от  $1,47 \cdot 10^{-3}$  до  $929,25 \cdot 10^{-3}$  % от валового, но это на порядок выше рассмотренных ранее водорастворимых форм. Наибольший процент Al от валового содержания отмечен в органогенных горизонтах почв, наименьшая его доля приходится на нижние минеральные горизонты.

### Обменные формы алюминия, извлекаемые вытяжкой 1 н. KCl

В таблице 3 представлены средние концентрации обменного Al. В почвах Хибин и Луяврурга содержится больше обменного Al, чем водо- и щелочно-растворимого. Концентрации обменного Al достигают  $67,77 \cdot 10^{-3}$  %. Наибольшие значения характерны для горизонтов At или A0, наименьшие — для минеральных горизонтов. Содержание обменного Al в изученных почвах местами достигает почти 20 % от валового Al. При этом почвы Луяврурга характеризуются меньшим содержанием указанных форм Al по сравнению с почвами Хибин. Основными факторами, влияющими на содержание обменных форм Al в ландшафте, являются характер произрастающей растительности и опада, химический состав коренных и почвообразующих пород, величина pH. Важную роль в почвенной дифференциации обменного Al также играет степень выветренности почвенной массы (чем она больше, тем больше в почве указанной формы Al). Можно отметить низкую степень выветренности вскрытых почв, обусловленную медленной скоростью почвообразовательных процессов в Заполярье.

Таблица 3

**Среднее содержание обменных форм Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврута по высотным поясам (112 проб)**

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание обменного Al, $1 \cdot 10^{-3} \%$	Содержание обменного Al от валового, $1 \cdot 10^{-3} \%$		
				На воздушно-сухое вещество			
Луяврут	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзолленности	$A_0$ 0–7	3,42			
			$A_t$ 8–12	37,27	–		
			$A/B$ 14–18	13,02			
			$B$ 28–35	10,16			
			$C$ 47–53	0,00			
Хибины			$A_0$ 0–4	44,12	20 811,32		
			$A_t$ 4–11	25,88	787,34		
			$A/B$ 11–14	12,38	167,93		
			$B/C$ 23–28	0,00	0,00		
Луяврут		Бурая торфянистая горно-таежная	$A_0$ 0–4	11,18	529,11		
			$A_t$ 4–12	20,03	1674,75		
			$A$ 12–16	47,18	803,06		
			$B/C$ 33–38	4,44	46,00		
Хибины			$A_0$ 0–4	Следы			
			$A_t$ 4–10	63,51	–		
			$B/C$ 22–27	6,32			
			$C$ 31–45	11,01			
Луяврут	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	$A_0$ 0–3	30,54	5115,57		
			$A_t$ 3–7	13,12	224,73		
			$A_1$ 12–18	6,94	115,94		
			$B$ 65–70	2,83	33,25		
			$C$ 88–98	0,00	0,00		
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	$A_0$ 0–3	Следы	0,00		
			$A/B$ 10–15	50,63	85,76		
			$B/C$ 32–38	7,88	69,90		
			$A_0$ 0–3	11,06			
Луяврут			$A_t$ 5–10	67,77	–		
			$B/C$ 20–28	0,80			
			$C$ 36–42	0,00			
			$A_0$ 0–4	Следы			
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	$A_t$ 11–15	39,06	–		
			$A$ 23–28	1,03			
			$A/B$ 43–47	1,70			
			$A_0$ 0–3	46,88	–		
Луяврут			$A_t$ 3–6	22,85	299,01		
			$B/C$ 8–12	1,18	14,72		
			$C$ 18–30	1,68	–		
			$A_0$ 0–5	33,75	–		
			$A_t$ 5–11	66,99	–		
			$A$ 12–18	5,63	–		
			$B/C$ 23–28	0,52	6,46		

*Примечание.* Знак «–» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

Темные таежные подбуры с признаками оподзоленности, вскрытые в нижних частях склонов, занимают среднее положение по содержанию обменного Al в ряду почв других элементарных ландшафтов (см. табл. 3). Количество обменного Al в почвах убывает с глубиной. Во многом это связано с повышением значений pH вниз по профилю [3: с. 62–72] и закономерным снижением количества органического вещества. В подзолах Хибин больше обменного Al, чем в названных почвах Луявурта. Распределение обменных форм Al по профилю бурых торфянистых горно-таежных почв сложнее (см. табл. 3): максимум здесь отмечен в горизонте At (Хибины) или многогумусном горизонте A (Луявурт). Причем в почвах Хибин минимум обменного Al отмечен в горизонте A0. Малые концентрации отмечены и в горизонте B/C. Горизонт C характеризуется увеличением содержания обменного Al, что может быть связано с обогащающим влиянием коренных пород. Однако в нижнем горизонте B/C почв Луявурта отмечено наименьшее содержание обменного Al. Очевидно, это связано с меньшим содержанием Al в материнских породах Ловозерских тундр. Перепады содержания этой формы Al в подстилочных горизонтах связаны с характером произрастающей растительности и величиной опада.

Профильная дифференциация обменного Al в мощных кислых бурых почвах субальпийских ландшафтов характеризуется плавным понижением концентраций с глубиной (до  $30,54 \cdot 10^{-3} \%$ ), что связано с pH и органическим веществом. Почвы лесотундры, занимающих транзитное положение на склоне, выделяются максимальным содержанием обменного Al (см. табл. 3). Горизонт At обогащен в обоих изучаемых массивах обменным Al, содержащимся в большом количестве в лишайниках, отмершие части которых слагают основную часть этого горизонта. В целом концентрация обменного Al снижается с глубиной. Небольшое содержание обменного Al в подстилке можно объяснить его связью не столько с живой, сколько с оторфованной органикой. Также велика роль материнской и почвообразующей пород.

Тундровые подбуры, вскрытые на верхних высотных уровнях массивов, отличаются средним содержанием обменного Al в сравнении с почвами других высотных поясов. Убывающий с глубиной характер распределения рассматриваемых форм Al остается прежним и здесь. В горизонте C указанных почв Хибин отмечено небольшое увеличение содержания обменного Al, что дает основание говорить о влиянии коренных пород. Процентное содержание обменных форм Al от валового позволяет отметить, что их доля в общем содержании элемента в почве значительна, достигая единиц и даже десятков процентов от валового. Это на два порядка выше рассмотренных ранее водорастворимых и на порядок выше щелочно-растворимых форм. Наибольший процент Al от валового выявлен в органических горизонтах вскрытых почв, минимальная же его доля характерна для нижних минеральных горизонтов.

### Формы алюминия, извлекаемые реагентом Тамма

Реактив Тамма извлекает в основном Al из минеральной части почв, что объясняет профильное распределение названных форм, которое в большинстве случаев носит возрастающий с глубиной характер. Это сходно с характером дифференциации валовых форм. Отмечаем, что оксалатрастворимого Al в изученных почвах довольно много и сопоставимо с 1 н. KCl-вытяжкой. Во всех почвенных пробах было зафиксировано содержание оксалатрастворимого Al. Почвы Хибин богаче Al, извлекаемым вытяжкой Тамма, по сравнению с почвами Луяврута (см. табл. 4). Содержание экстрагируемых вытяжкой Тамма соединений Al местами достигает единиц процента от валового Al. Главным фактором, определяющим концентрацию данных форм Al в рассмотренных почвах, является химический состав коренных и почвообразующих пород.

В темных таежных подбурах с признаками оподзоленности Луяврута отмечен минимум содержания данных форм Al из всех образцов. В соответствующих почвах Хибин оно выше; больше всего — в нижних горизонтах изученных почв — В и В/С. Минимум выявлен в горизонте Ат, что может быть связано с определенной ролью нижележащего горизонта Ат/В с признаками оподзоленности, выступающего в роли своеобразного геохимического барьера [6: с. 534] и ограничивающего поступление в почвы Al ходе гипергенного преобразования коренных пород.

В бурых торфянистых горно-таежных почвах Луяврута оксалатрастворимого Al меньше, чем в схожих почвах Хибин. Однако общее содержание рассматриваемых соединений Al — до  $54,09 \cdot 10^{-3}$ , что выше, чем в ранее описанных темных таежных подбурах с признаками оподзоленности. Минимум отмечен в лесной подстилке, а наибольшее содержание — в нижних горизонтах В/С и С. В почвах субальпийских и лесотундровых ландшафтов Луяврута характер профильной дифференциации данных форм Al такой же, как в горно-таежных ландшафтах. Почвы лесотундры характеризуются наибольшим содержанием оксалатрастворимого Al среди изученных почвенных образцов. Горизонт С указанных почв более беден извлекаемым реагентом Тамма Al, чем вышележащий горизонт В/С. Это связано с некоторым накоплением указанных форм Al органоминеральными комплексами горизонта В/С. В почвах горной тундры отмечено среднее содержание оксалатрастворимого Al.

Процентное содержание данных форм Al позволяет считать его долю в почве довольно низкой, достигающей десятых долей единиц процентов от общего содержания. Она значительно выше рассмотренных ранее водорастворимых и щелочно-растворимых форм, хотя уступает обменным. Наибольший процент от валового выявлен как в органогенных горизонтах некоторых почв, так и в нижних минеральных. Минимальный — в почвах с признаками оподзоленности — в горизонте Ат/В.

Таблица 4

**Среднее содержание оксалатрастворимого Al и % от валовых концентраций в почвах Хибин и Луяврута по высотным поясам (80 проб)**

Массив	Высотный пояс	Почва	Горизонт, глубина взятия, см	Содержание оксалатрастворимого Al, $1 \cdot 10^{-3} \%$	Содержание оксалатрастворимого Al от валового, $1 \cdot 10^{-3} \%$
				На воздушно-сухое вещество	
Луяврут	Горно-таежный	Темный таежный подбур с признаками оподзоленности	$A_0$ 0–7	1,27	—
			$A_t$ 8–12	Следы	
			$A/B$ 14–18	1,19	
			$B$ 28–35	12,85	
			$C$ 47–53	1,38	
Хибины			$A_0$ 0–4	6,50	3066,04
			$A_t$ 4–11	6,25	190,14
			$A/B$ 11–14	6,81	92,38
			$B/C$ 23–28	42,81	401,03
			$A_0$ 0–4	0,13	6,15
Луяврут		Бурая торфянистая горно-таежная	$A_t$ 4–12	2,10	175,59
			$A$ 12–16	13,74	233,87
			$B/C$ 33–38	17,25	178,70
			$A_0$ 0–4	2,21	—
			$A_t$ 4–10	9,29	
Хибины			$B/C$ 22–27	54,09	
			$C$ 31–45	41,67	
			$A_0$ 0–3	3,55	594,64
			$A_t$ 3–7	15,00	256,94
			$A_1$ 12–18	14,13	236,05
Луяврут	Субальпийские березняки	Мощная кислая бурая почва	$B$ 65–70	21,33	250,65
			$C$ 88–98	15,00	190,60
			$A_0$ 0–3	3,25	844,16
			$A/B$ 10–15	21,88	382,79
			$B/C$ 32–38	45,63	404,77
Хибины	Ерниковая лесотундра	Темный подбур	$A_0$ 0–3	2,42	—
			$A_t$ 5–10	9,50	
			$B/C$ 20–28	62,50	
			$C$ 36–42	44,87	
			$A_0$ 0–3	3,95	—
Хибины	Горная тундра	Тундровый подбур	$A_t$ 3–6	27,77	363,39
			$B/C$ 8–12	44,95	560,61
			$C$ 18–30	44,98	

*Примечание.* Знак «—» означает отсутствие данных; «следы» означает, что полученный результат ниже чувствительности определения.

## Выводы

1. Для водорастворимого, органического и обменного Al в большинстве почв характерно убывание содержания вниз по профилю почв; в содержании оксалатрастворимого, как и валового Al, наблюдается обратная картина.
2. Почвы Хибин отличаются более высоким содержанием обменного и оксалатрастворимого Al в сравнении с однотипными почвами Луяврута. Почвы Луяврута выделяются на фоне Хибин более высокими концентрациями водорастворимого Al. По содержанию щелочно-растворимого Al почвы обоих массивов сходны.
3. Соотношение рассмотренных форм Al мало изменяется по почвам разных высотных поясов. Наблюдается ряд убывания концентраций: «обменный Al – оксалатрастворимый Al – органический Al – водорастворимый Al».
4. Содержание одноименных форм Al в почвах разных высотных поясов неодинаково. Концентрация водорастворимого и обменного Al растет от почв горно-тундровых ландшафтов к горно-таежным; содержание органического и оксалатрастворимого Al в среднем уменьшается в указанном направлении.

## Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1962. 491 с.
2. Зонн С.В., Травлеев А.П. Алюминий. Роль в почвообразовании и влияние на растения. Днепропетровск: ДГУ, 1992. 224 с.
3. Козаренко А.Е., Семенов В.А. Особенности химического состава почв Хибинского и Ловозерского массивов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2016. № 2 (22). С. 62–72.
4. Орлов Д.С. Соединения алюминия и проблема почвенной кислотности // Химия почв. М.: МГУ, 1985. С. 110–123.
5. Пеков И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М.: Творческое объединение «Земля» Ассоциации Экост, 2001. С. 67–280.
6. Переверзев В.Н. Генетические особенности почв тундрового пояса Ловозерских гор (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2000. № 5. С. 533–539.
7. Рощина И.А., Шевалеевский И.Д., Коровкина Н.А., Майоров А.П. Рентгенофлуоресцентный анализ образцов горных пород переменного состава // Журнал аналитической химии. 1982. Т. 37. Вып. 9. С. 1611–1618.
8. Семенов В.А. Геохимия алюминия и железа в ландшафтах Хибинского и Ловозерского массивов: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МПГУ, 2002. 16 с.
9. Соколов А.А. О наличии в почвах обменного алюминия // Почвоведение. 1960. № 1. С. 45–51.

## Literatura

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po ximicheskому analizu pochv. M.: MGU, 1962. 491 s.
2. Zonn S.V., Travleev A.P. Alyuminij. Rol' v pochvoobrazovanii i vliyanie na rasteniya. Dnepropetrovsk: DGU, 1992. 224 s.

3. *Kozarenko A.E., Semenov V.A.* Osobennosti ximicheskogo sostava pochv Xibinskogo i Lovozereskogo massivov // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvennye nauki». 2016. № 2 (22). S. 62–72.
4. *Orlov D.S.* Soedineniya alyuminiya i problema pochvennoj kislotnosti // Ximiya pochv. M.: Izd-vo MGU, 1985. S. 110–123.
5. *Pekov I.V.* Lovozereskij massiv: istoriya issledovaniya, pegmatity', mineraly'. M.: Tvorcheskoe ob"edinenie «Zemlya» Associacii E'kost, 2001. S. 67–280.
6. *Pereverzev V.N.* Geneticheskie osobennosti pochy tundrovogo poyasa Lovozereskix gor (Kol'skij poluostrov) // Pochvovedenie. 2000. № 5. S. 533–539.
7. *Roshhina I.A., Shevaleevskij I.D., Korovkina N.A., Majorov A.P.* Rentgenofluorescentnyj analiz obrazcov gornyx porod peremennogo sostava // Zhurnal analiticheskoy ximii. 1982. T. 37. Vy'p. 9. S. 1611–1618.
8. *Semenov V.A.* Geoximiya alyuminiya i zheleza v landshaftax Xibinskogo i Lovozereskogo massivov: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. M.: MPGU, 2002. 16 s.
9. *Sokolov A.A.* O nalichii v pochvax obmennogo alyuminiya // Pochvovedenie. 1960. № 1. S. 45–51.

*A.E. Kozarenko,  
V.A. Semenov*

### Some Forms of Aluminium in the Soils of the Khibiny-Lovozerky Alkaline Pluton

The data of the contents of some forms of aluminium in soils of different elementary landscapes of the Khibiny and Lovozero massifs are given in the article. Special attention has been devoted to the water soluble forms, 0,1 n. NaOH-soluble forms, exchange forms, oxalate-soluble forms of aluminium. The nature of the differentiation of aluminium forms in the soils of the alkaline province is largely determined by the features of organic matter, and also by the chemical-mineralogical composition of the soil-forming and bedrock rocks.

*Keywords:* forms of aluminium; organic matter; profile differentiation; chemical and mineralogical composition; soil-forming rocks.

**С.В. Горюнова,  
А.Л. Суздалева**

## **Региональные кризисы водопотребления: причины и возможные пути их предотвращения**

В статье рассматривается феномен региональных кризисов водопотребления. Исследуются причины и формы возникновения и формы появления дефицита пресной воды. Рассмотрены основные процессы, составляющие глобальный геологический цикл воды. Только переход биосфера в управляемую биотехносферу будет способствовать предотвращению мирового кризиса водопотребления.

*Ключевые слова:* региональные кризисы водопотребления; запасы водных ресурсов; доступные водные ресурсы; биотехносфера.

**М**ировой кризис водопотребления обычно определяют как наступление момента, когда постоянно возрастающие потребности человечества в пресной воде не смогут быть удовлетворены за счет ее запасов, имеющихся на Земле. Однако это будет не распространившаяся на весь мир нехватка воды в системах водоснабжения, а сложный комплекс явлений и процессов, одновременно затрагивающих практически все важнейшие аспекты существования нашей цивилизации — от экологического до геополитического.

В конце XX века человечество ежегодно потребляло 9000 км<sup>3</sup> воды. Основная часть мирового водопотребления (65–70 %) приходилась на сельское хозяйство. При выращивании кукурузы для получения урожая с 1 га требуется 3000 м<sup>3</sup>, капусты — 8000 м<sup>3</sup>, риса — от 12 000 до 20 000 м<sup>3</sup> воды. Для получения одной тонны пшеницы необходимо 1500 м<sup>3</sup> воды, хлопка — 10 000 м<sup>3</sup>. Еще более значительны затраты воды, необходимые для производства продукции в сфере птицеводства и животноводства: на получение одной тонны куриного мяса уходит 3500–5700 т воды, а говядины — от 15 000 до 70 000 т. Значительная часть сельскохозяйственного водопотребления связана с ирригацией земель в засушливых регионах [1].

В промышленном производстве используется 20 % мирового водопотребления. И только 10 % направляется в коммунальное хозяйство. Из них основная часть (77 %) расходуется на санитарно-гигиенические нужды (в то время как на питье и приготовление пищи затрачивается всего 5 % потребляемой человеком воды, на мытье посуды — 6 %).

Однако в отдельных регионах структура водопотребления существенно отличается от мировых показателей. Так, в странах Западной Европы, в Российской Федерации, Канаде и Австралии преобладает промышленное водопотребление. Наиболее водоемкими отраслями промышленности являются: сталелитейная, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На них уходит почти 70 % всей воды, затрачиваемой в промышленности [12].

Стремительный рост народонаселения и объемов мирового производства во многих регионах опережает возможности их водоснабжения. Острая нехватка водных ресурсов для удовлетворения бытовых и сельскохозяйственных нужд становится причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, нередко сопровождающихся дестабилизацией социально-политической ситуации и вынужденной массовой миграцией населения.

Хронический дефицит водных ресурсов, то есть постоянно ощущаемый населением недостаток воды, необходимой для обеспечения нормальных условий жизни людей и их деятельности, в локальных масштабах многократно возникал на различных участках планеты на протяжении всей истории человеческой цивилизации. Но в последние десятилетия он стал приобретать небывалые масштабы. Потребление пресной воды за последние полвека возросло в 3 раза, а площадь орошаемых земель — в 2 раза [8]. Переломным моментом можно считать 50-е годы XX века, когда водопотребление резко возросло во всем мире. Если в период с 1900 года по 1950 год среднее увеличение водопотребления составляло 15,6 км<sup>3</sup>/год, в 1950–1960 годах оно достигло 63,0 км<sup>3</sup>/год, то есть возросло в 4 раза. В последующие годы отмечался рост мирового водопотребления на 80–100 км<sup>3</sup>/год. По прогнозам, только в Российской Федерации к 2020 году водопотребление составит 90–100 км<sup>3</sup>/год [3].

Этот огромный скачок потребления воды связан, прежде всего, с демографическим ростом. По статистическим подсчетам, население планеты сегодня составляет 6,6 млрд человек, ежегодный прирост — 80 млн. Это предполагает ежегодный рост потребности в пресной воде в объеме 64 млн м<sup>3</sup>. При этом 90 % прироста населения в период до 2050 года будет наблюдаться в развивающихся странах, в которых уже сегодня ощущается нехватка ресурсов пресной воды.

Согласно данным ООН, к 2000 году свыше 1,2 млрд человек существовали в условиях постоянного дефицита пресной воды, около 2 млрд испытывали его периодически (в засушливый сезон) [7]. Через 15–20 лет число людей, существующих в условиях водного дефицита, превысит 4 млрд, а к 2050 году достигнет 5,4 млрд. Эти явления развиваются неравномерно, затрагивая определенные области, для обозначения которых можно использовать термин «региональные кризисы водопотребления».

Дефицит воды может возникать вследствие разных по своей природе причин. В связи с этим различают следующие формы возникновения водного дефицита [11].

*Физический дефицит воды* обусловлен ее недостаточным количеством в данном регионе (стране, административном образовании и т. п.) для удовлетворения насущных потребностей. Именно он создает наиболее трудноразрешимые проблемы и охватывает значительные по своим размерам территории. Как правило, он начинает ощущаться, когда безвозвратный забор воды достигает 20 %. Отбор воды более 40 % рассматривается как критический уровень. В ряде регионов Ближнего Востока, Северной Африки и Центральной Азии этот уровень уже превышен. В целом в настоящее время физический дефицит воды испытывает более 40 % сельского населения Земли.

Дефицит воды может быть вызван различными причинами:

- *инфраструктурный дефицит воды*, связанный с нарушением функционирования объектов инфраструктуры (систем водоснабжения и др.);
- *институциональный дефицит воды*, обусловленный особенностями действующего законодательства или целенаправленными действиями государственных или общественных институтов (в том числе основанных на стереотипах массового сознания), препятствующих бесперебойному и равноправному доступу потребителей к необходимым им водным ресурсам (например, дефицит воды, связанный с лишением доступа к водным объектам, переданным в частную собственность).

К ним можно добавить и *химический дефицит воды*, возникающий при высоком уровне загрязнения водных объектов — источников водоснабжения, в результате чего их воды становятся непригодными для потребления, прежде всего в бытовых целях. Например, из-за сильного загрязнения 70 % водных ресурсов нельзя использовать даже в технических целях [4; 12]. В результате возникает нехватка воды (водный дефицит) в различных сферах водопотребления.

Нехватка чистой питьевой воды заставляет людей употреблять воду неудовлетворительного качества, что неминуемо вызывает негативное воздействие на здоровье населения. Так, в развивающихся странах из 37 болезней, оказывающих значимое влияние на смертность, 21 болезнь связана с потреблением недоброкачественной воды. В целом в этих регионах низкое качество питьевой воды ежегодно становится причиной смерти приблизительно трех миллионов человек. Согласно статистическим данным, число людей, имеющих доход менее чем 1,25 доллара в день, приблизительно совпадает с числом людей, лишенных доступа к питьевой воде удовлетворительного качества [8].

*Кризис водопотребления* — это постоянный острый недостаток необходимого количества воды, которая может удовлетворить потребность населения в питьевой воде вне зависимости от ее качества. В этих условиях производство сельскохозяйственной продукции становится невозможным. От засухи деградируют наземные и водные экосистемы. Закономерно возникает дефицит продовольствия.

В глобальном масштабе проблемы в сфере водопотребления развиваются неравномерно. В одних регионах они уже приблизились к критическому уровню (водному кризису), тогда как в других проблемы водного дефицита не существует.

Социальная значимость и пространственная неравномерность развития кризисных событий в сфере водопотребления неизбежно оказывает влияние на политическую ситуацию в затронутых ими странах. В ряде случаев данный фактор порождает острые геополитические проблемы, создает угрозу возникновения «войн за воду». На протяжении последних 50 лет отмечено 507 случаев возникновения напряженности в отношениях между отдельными странами и регионами из-за распределения между ними ресурсов пресной воды, из них 37 привели к острым конфликтам, в том числе 21 сопровождался военными акциями [16].

В 1995 году вице-президент Международного банка реконструкции и развития Исмаил Серагельдин выразил уверенность в том, что войны в XXI веке, в отличие от предшествующего периода, будут вестись не за нефть, а за воду [2].

Согласно определению, данному в статье 1 Водного кодекса РФ, «водные ресурсы — *поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы*». Оценивая водные ресурсы и водопотребление, необходимо иметь в виду, что значительная часть воды в гидросфере постоянно переходит из одной формы существования в другую, формируя так называемые круговороты воды, объединенные в глобальный гидрологический цикл [14]. Согласно расчетам, к началу XXI века человечество может использовать для собственных нужд (включая различные формы экономической деятельности) лишь 0,3 % (93 тыс. км<sup>3</sup>) от общего объема планетарных запасов воды [12]. Это так называемые доступные водные ресурсы. Далеко не на всех фазах этого цикла вода может использоваться человеком и другими организмами. Например, недоступными для них являются полярные и горные ледники и подавляющая часть паров воды в атмосфере. Человек может использовать лишь слабоминерализованные (пресные) воды, в течение определенного срока присутствующие в поверхностных и подземных водных объектах. Они постоянно пополняются благодаря поступлению вод, ранее находившихся в других фазах гидрологического цикла (например, переход влаги из воздушной среды в поверхностные водные объекты в процессе выпадения атмосферных осадков). Одновременно постоянно происходит потеря части объема доступных водных ресурсов в результате естественного круговорота воды.

На современном этапе глобальные климатические изменения сопровождаются существенными изменениями планетарного круговорота воды. Так, по прогнозам специалистов, к концу XXI в. среднегодовое количество осадков для Земли в целом повысится на 3 %. Увеличение количества осадков на территории России значительно превысит это усредненное значение, что, в свою очередь, вызовет значительное увеличение стока на большинстве водосборов многих российских рек, особенно входящих в бассейн Северного Ледовитого океана [13].

Любое значимое нарушение *глобального гидрологического цикла* приводит к нарушению режима возобновляемости водных ресурсов, к которому в ходе естественного исторического развития приспособились не только существующие

естественные экосистемы, но и человек. На одних участках планеты нарушение этого режима обуславливает уменьшение количества воды в среде, проявляющееся в форме засух, сокращения стока рек и объема поверхностных водоемов, а также истощения подземных вод. На других участках возникает избыток вод, в результате чего происходят наводнения и подтопление территорий, приводящие к их заболачиванию. Таким образом, практически любые нарушения гидрологического цикла влекут весьма нежелательные экологические и социально-экономические последствия.

Рассмотрим основные процессы, составляющие глобальный гидрологический цикл. Скорость циркуляции вод в отдельных круговоротах неодинакова, поэтому время их расходования и возобновления конкретных форм существования водных ресурсов существенно различается (табл. 1). В таблице 1 представлены данные по запасам вод на территории Российской Федерации и их динамике (скорости возобновления). Особенno быстро происходит возобновление запасов биологической воды, атмосферной влаги и воды в руслах рек.

Таблица 1

**Запасы пресных вод на территории Российской Федерации  
и периоды их возобновления [6]**

Виды запасов	Запасы, км <sup>3</sup>	Периоды возобновления,
Большие озера	24 855	120 лет
Вода в руслах крупнейших рек	116,5	Несколько дней
Почвогрунты	6430	1 год
Подземные воды в верхней части земной коры	2 874 124	1400 лет
Биологическая вода	130	Несколько часов
Атмосферная влага	180	8 часов

Естественное пополнение объема воды в основных источниках ее водопотребления, обусловленное ненарушенным гидрологическим циклом, позволяло долгое время относить ее к возобновляемым ресурсам. В настоящее время подобный взгляд на воспроизводимость водных ресурсов претерпевает кардинальные изменения [7; 15]. Считается, что нарушения естественного гидрологического цикла, нередко влекущие практически необратимую утрату исторически сложившегося режима возобновляемости доступных водных ресурсов, обусловливаются следующими основными причинами:

1. Превышением темпов забора воды из наземных и подземных водных объектов над скоростью их естественного пополнения.
2. Изменением характера водосборных бассейнов (сведение лесов, осушение болот и т. п.).
3. Глобальными климатическими изменениями, спровоцированными выбросами парниковых газов, сопровождающими различные виды человеческой деятельности.

4. Утратой значительной доли доступных водных ресурсов в результате загрязнения водных объектов, делающего их воды непригодными для использования в хозяйственно-бытовых, сельскохозяйственных, а иногда и в промышленных целях. Кроме того, загрязнение вод — это одна из основных причин деградации природных экосистем [4; 9].

Распределение водных ресурсов в мире и их водопотребление носят весьма неравномерный характер. В одних странах человеком используется лишь незначительная часть доступных водных ресурсов, тогда как в других их количество уже достигло критического уровня, за который принятая водообеспеченность населения  $1700 \text{ м}^3/\text{чел.}/\text{год}$ . Отметим, что средний мировой уровень водообеспеченности сейчас составляет  $7400 \text{ м}^3/\text{чел.}/\text{год}$ , т. е. в 4 раза больше критического уровня. Но в разных странах значения данного показателя сильно отличаются [17]. Наименее обеспечены ресурсами пресной воды такие страны, как Кувейт (всего  $11 \text{ м}^3$  воды в год на душу населения), Египет ( $43 \text{ м}^3$ ), Сектор Газа в Израиле ( $52 \text{ м}^3$ ), Объединенные Арабские Эмираты ( $58 \text{ м}^3$ ), Ливия ( $113 \text{ м}^3$ ), Саудовская Аравия ( $118 \text{ м}^3$ ), Мальта ( $129 \text{ м}^3$ ) [12]. Наиболее обеспечены пресной водой Исландия ( $609\ 319 \text{ м}^3$ ), Суринам ( $292\ 566 \text{ м}^3$ ), Конго ( $275\ 679 \text{ м}^3$ ), Папуа – Новая Гвинея ( $166\ 563 \text{ м}^3$ ), Канада ( $94\ 353 \text{ м}^3$ ), Новая Зеландия ( $86\ 554 \text{ м}^3$ ). В России на каждого жителя приходится  $31\ 900 \text{ м}^3$  пресной воды в год.

Основная причина неравномерности в водообеспечении различных регионов заключается в том, что численность их населения не согласуется с количеством водных ресурсов, которыми они располагают. Так, в Европе и Азии сосредоточено 77 % населения мира и всего около 33 % мировых запасов пресных вод. Во второй половине XX века на каждого жителя Земли в среднем приходилось  $11,6 \text{ тыс. м}^3$  в год. Но в Европе эта величина составляла  $4,9 \text{ тыс. м}^3$  в год, в Азии —  $6,0 \text{ тыс. м}^3$  год, а в Южной Америке —  $4,4 \text{ тыс. м}^3$  в год.

Естественные ресурсы пресных вод Российской Федерации оцениваются в размере  $10\ 803 \text{ км}^3/\text{год}$ , причем основной объем приходится на долю речного стока (45 %) и почвенные воды (33 %). Это составляет более чем 20 % мировых ресурсов пресных вод [6]. Страна занимает второе место (после Бразилии) по их абсолютной величине, а по водообеспеченности населения находится на третьем месте (после Бразилии и Канады). На одного жителя Российской Федерации приходится  $29,94 \text{ тыс. м}^3$  речного стока в год. Это приблизительно в 5,5 раза больше среднемирового уровня, в 2,5 раза больше, чем в США и в 14 раз больше, чем в Китае.

Мировое водопотребление в настоящее время составляет лишь очень небольшую часть от общего объема водных ресурсов планеты. Оставшегося количества должно хватить для обеспечения нужд населения и производственной сферы при их прогнозируемом увеличении. *Первопричина кризиса водопотребления кроется не в недостатке воды в гидросфере, а в степени ее доступности.*

Вследствие неравномерности распределения атмосферных осадков и разнообразия форм существования воды в биосфере в обозримой перспективе даже при самых катастрофичных кризисах водопотребления будут существовать значительные объемы водных ресурсов, не используемых человеком вследствие их недоступности для потребления в данный момент времени. Но их недоступность относительна. Так, на основе оросительных систем можно включить в сферу водопотребления определенную часть объема Мирового океана.

Степень доступности водных ресурсов может зависеть от нескольких различных факторов, природа которых определяет главные направления деятельности по предотвращению кризисов водопотребления. Это могут быть следующие факторы [5; 9]:

- строительство систем межбассейнового (межрегионального) перераспределения ресурсов пресной воды (строительство систем по транспортировке вод из регионов, расположенных в пределах того же континента и обладающих избытком водных ресурсов, способных нанести ущерб в периоды паводков);
- строительство систем по очистке вод и их депонированию;
- организация международного рынка водных ресурсов;
- создание управляемых природно-технических систем с целью рационального комплексного распределения воды по отдельным категориям водопользователей;
- строительство систем по крупномасштабному оросению морских вод.

В условиях непрекращающегося роста народонаселения, объема производства и урбанизации происходит глобальный техногенез окружающей среды. Несмотря на различие характера основных направлений деятельности по предотвращению региональных кризисов водопотребления, *необходим целенаправленный техногенез окружающей среды* в региональном, межрегиональном и в конечном счете в глобальном масштабах, приводящий к созданию управляемых природно-технических систем [9].

Таким образом, предотвращение региональных кризисов водопотребления, достигающих уровня, оказывающего глобальное социально-экономическое и geopolитическое воздействие (то есть мирового кризиса водопотребления), — это деятельность по превращению естественной биосферы, деградирующей под воздействием избыточной антропогенной нагрузки в управляемую биотехносферу, способную в этих условиях обеспечивать безопасность жизнедеятельности человечества и сохранение биоразнообразия земной биоты [10]. Мировой кризис водопотребления желательно не ликвидировать, а по возможности предотвратить.

### Литература

1. Алексеевский Н.И., Гладкевич Г.И. Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет // Россия в окружающем мире: 2003 (Аналитический ежегодник). М.: МНЭПУ, 2003. С. 114–145.
2. Белозёров В.К. Страсти по воде // Россия в глобальной политике. 2009. № 3. С. 150–160.
3. Водная стратегия РФ на период до 2020 года. М.: НИА–Природа, 2009. 39 с.
4. Горюнова С.В. Антропогенное эвтрофирование водоема-охладителя АЭС как возможная причина чрезвычайной ситуации техногенного характера // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». 2009. № 2. С. 39–47.
5. Горюнова С.В., Суздалева А.Л. О необходимости формирования цивилизованного рынка пресной воды // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 11 (82), ч. 1. С. 115–117.
6. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2014 году». М.: НИА–Природа, 2015. 270 с.
7. Данилов-Данильян В.И. Глобальная проблема дефицита пресной воды // Универсальная и глобальная история (эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества). Волгоград: Учитель, 2012. С. 584–596.
8. Каширин В.В. Гидрополитика // Управление водными ресурсами в России. Законодательное регулирование и перспективы. М.: Издание Государственной Думы, 2014. С. 138–147.
9. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ИД «Энергия», 2014. 456 с.
10. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Биотехносфера: экология и безопасность жизнедеятельности: монография. М.: МГПУ, 2017. 240 с.
11. ФАО 2012. Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Управление системами, находящимися под угрозой. М.: Весь Мир, 2012. 301 с.
12. Черняевский С.И. Россия и современная гидрополитика // Вестник МГИМО-университета. 2011. № 2 (16). С. 25–30.
13. Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек России // Гидрологические последствия изменений климата: Труды Британско-Российской конференции. Барнаул: Пять плюс, 2009. С. 143–151.
14. Эдельштейн К.К. Гидрология материков. М.: ИД «Академия», 2005. 304 с
15. ESCO-WWAP. Water a shared responsibility: The United Nations World Water Development 14. Report 2. Paris: UNESCO, 2006. 550 р.
16. Liebscher H.L. Conflict over water — can hydrology contribute anything toward their solution? // IASH Publ. № 286. 2004. P. 238–245.
17. Wang L., Fang L., Hipel K.W. Basin-wide cooperative water resources allocation // Eur. J. Operat. Res. 2008. P. 798–817.

### Literatura

1. Alekseevskij N.I., Gladkevich G.I. Vodny'e resursy' v mire i v Rossii za 100 let // Rossiya v okruzhayushhem mire: 2003 (Analiticheskij ezhegodnik). M.: MNE'PU, 2003. S. 114–145.
2. Belozyorov V.K. Strasti po vode // Rossiya v global'noj politike. 2009. № 3. S. 150–160.

3. Vodnaya strategiya RF na period do 2020 goda. M.: NIA–Priroda, 2009. 39 s.
4. *Goryunova S.V.* Antropogennoe e'vtrofirovanie vodoema-oxladitelya AE'S kak vozmozhnaya prichina chrezvy'chajnoj situacii texnogennogo xaraktera // Vestnik RUDN. Seriya «Agronomiya i zhivotnovodstvo». 2009. № 2. S. 39–47.
5. *Goryunova S.V., Suzdaleva A.L.* O neobxodimosti formirovaniya civilizovannogo ry'nika presnoj vody' // Aktual'ny'e problemy' gumanitarny'x i estestvenny'x nauk. 2015. № 11 (82), ch. 1. S. 115–117.
6. Gosudarstvenny'j doklad «O sostoyanii i ispol'zovanii vodny'x resursov Rossijskoj Federacii v 2014 godu». M.: NIA–Priroda, 2015. 270 s.
7. *Danilov-Danil'yan V.I.* Global'naya problema deficitia presnoj vody // Universal'naya i global'naya istoriya (e'voljuciya Vselennoj, Zemli, zhizni i obshhestva). Volgograd: Uchitel', 2012. S. 584–596.
8. *Kashirin V.V.* Gidropolitika // Upravlenie vodny'mi resursami v Rossii. Zakonodatel'noe regulirovaniye i perspektivy'. M.: Izdanie Gosudarstvennoj Dumy', 2014. S. 138–147.
9. *Suzdaleva A.L., Goryunova S.V.* Texnogenet i degradaciya poverxnostny'x vodny'x ob'ektor. M.: ID «E'nergiya», 2014. 456 s.
10. *Suzdaleva A.L., Goryunova S.V.* Biotexnosfera: e'kologiya i bezopasnost' zhiznedeятel'nosti: monografiya. M.: MGPU, 2017. 240 s.
11. FAO 2012. Sostoyanie mirovy'x zemel'ny'x i vodny'x resursov dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo xozyajstva. Upravlenie sistemami, naxodyashhimisya pod ugrozoy. M.: Ves' Mir, 2012. 301 s.
12. *Chernyavskij S.I.* Rossiya i sovremennaya gidropolitika // Vestnik MGIMO-universiteta. 2011. № 2 (16). S. 25–30.
13. *Shiklomanov I.A., Georgievskij V.Yu.* Vliyanie izmenenij klimata na gidrologicheskij rezhim i vodny'e resursy' rek Rossii // Gidrologicheskie posledstviya izmenenij klimata: trudy' Britansko-Rossijskoj konferencii. Barnaul: Pyat' plus, 2009. S. 143–151.
14. *E'del'stejn K.K.* Gidrologiya materikov. M.: ID «Akademiya», 2005. 304 s.
15. ESCO-WWAP. Water a shared responsibility: The United Nations World Water Development 14. Report 2. Paris: UNESCO, 2006. 550 p.
16. *Liebscher H.L.* Conflict over water — can hydrology contribute anything toward their solution? // IASH Publ. № 286. 2004. P. 238–245.
17. *Wang L., Fang L., Hipel K.W.* Basin-wide cooperative water resources allocation // Eur. J. Operat. Res. 2008. P. 798–817.

*S.V. Goryunova,  
A.L. Suzdaleva*

### Regional Water Consumption Crises: the Causes and Possible Ways to Prevent Them

In the article facts on phenomenon of regional water consumption crises is considered. The causes and forms of occurrence and forms of manifestation of fresh water deficiency are investigated. The main processes that make up the global geological cycle of water are considered. Only the transition of the biosphere to a managable biotechnosphere will help to prevent a global water consumption crisis.

*Keywords:* regional water consumption crises; water resources; available water resources; biotechnosphere.

**О.В. Шульгина**

## Города-миллионеры России: географические закономерности распространения и факторы развития в XX–XXI вв.

В статье рассмотрены географические закономерности распространения городов-миллионеров на территории России. Исследованы факторы возникновения и развития крупнейших городов страны: транспортно-географическое положение, административный статус, стратегическое значение, природно-ресурсный потенциал территории. Представлен сравнительный анализ динамики численности населения и геодемографических особенностей развития городов-миллионеров в XX–XXI вв.

*Ключевые слова:* города-миллионеры; географические закономерности распространения; факторы развития; динамика численности населения; сравнительный анализ.

Берриториальной организации населения города играют особую роль, выполняя функции ядер концентрации населения, хозяйственных и инфраструктурных объектов, разнообразных коммуникаций. Они служат важной составляющей опорного каркаса расселения на территории страны. Самыми значимыми и яркими в созвездии городов, безусловно, являются города-миллионеры — те, в которых численность населения перешагнула за миллион. В этих городах в настоящее время проживает около 30 % городского населения и почти 23 % всего населения России. Вклад этих городов в социально-экономическое развитие страны очень существенен, но еще большее значение они имеют как центры развития и распространения инноваций во всех сферах человеческой деятельности.

К началу 2018 г. в Российской Федерации насчитывалось 15 городов-миллионеров, размещенных крайне неравномерно по территории страны (рис. 1).

Все города-миллионеры сконцентрированы в так называемой главной полосе расселения — на территории с наиболее благоприятными условиями для жизни и хозяйственной деятельности людей. Эта территория давнего и интенсивного экономического освоения выделяется сравнительно высокой плотностью населения, развитой сетью коммуникаций, значительным уровнем урбанизации. Все эти процессы происходили постепенно в ходе столетий, так же постепенно формировалась и сеть городов-миллионеров на территории страны. Первые из них — Москва и Санкт-Петербург — появились уже в конце XIX в., обозначив новую для России тенденцию значительной концентрации населения в зарождающихся мегаполисах. В 60-е годы XX в. в России появилось еще четыре города-



**Рис. 1.** Города-миллионеры России (2017 г.): размещение по территории и даты основания (составлено О.В. Шульгиной по источникам [1; 13])

миллионера, зафиксированные Всесоюзной переписью населения 1970 г.: Горький (Нижний Новгород), Свердловск (Екатеринбург), Самара (Куйбышев), Новосибирск. В 1979 г. эта группа городов-миллионеров пополнилась Челябинском и Омском, в 1989 г. в нее вошли Казань, Ростов-на-Дону, Уфа, Пермь; в 2002 г. — Волгоград, в 2012 г. — Воронеж, а в 2015 г. — Красноярск.

Самые крупные современные города-миллионеры — Москва и Санкт-Петербург, замыкают список в ранжированном ряду крупнейших городов страны Воронеж и Волгоград (табл. 1).

Прежде чем анализировать динамику численности населения этих городов, следует отметить, что в таблице 1 и далее по тексту будут фигурировать их современные названия, хотя так было не всегда. Семь из современных городов-миллионеров в первой половине XX в. подверглись переименованиям, а некоторые и не единожды, но большинству из них в конце или во второй половине прошлого столетия возвращены изначальные названия. Известно, что переименования населенных пунктов страны в XX веке, как правило, знаменовали смену политических вех, стремление увековечить выдающихся деятелей социалистического строительства [11; 12]. И для этой роли очень подходили названия крупных городов, часто упоминаемых в новостных сообщениях и статистических сводках.

Например, Петроград в 1924 г. был переименован в Ленинград; Екатеринбург в 1925 г. — в Свердловск; Царицын в 1925 г. — в Сталинград; Самара в 1935 г. — в Куйбышев; Пермь в 1940 г. — в Молотов. Нижнему Новгороду в 1932 г. было присвоено название Горький в честь известного пролетарского писателя. В меньшей степени коснулись волны переименований Новосибирска,

Таблица 1

**Изменение численности населения городов-миллионеров России с 1897 по 2016 гг., тыс. человек**  
 (составлено О.В. Шульгиной по источникам [1; 3; 5–9; 14])

№	Название города <sup>1</sup>	1897 г.	1926 г.	1939 г.	1947 г.	1959 г.	1970 г.	1979 г.	1989 г.	2002 г.	2010 г.	2016 г.
1	Москва	1035,7	2039,4	4137,0	3892,0	6008,6	6942,0	7853,9	8677,2	10126,4	11503,5	12330,1
2	Санкт-Петербург	1267,0	1690,1	3191,3	2029,0	3321,2	3949,5	4067,2	4435,2	4661,3	4879,6	5225,7
3	Новосибирск	— <sup>2</sup>	120,1	405,3	646,2	885,0	1161,0	1308,9	1425,5	1425,6	1473,8	1584,1
4	Екатеринбург	55,6	140,3	425,5	504,8	778,6	1025,0	1210,1	1363,1	1293,5	1349,8	1444,4
5	Нижний Новгород	95,1	222,4	643,7	647,7	940,8	1170,1	1342,1	1434,7	1311,2	1250,6	1266,9
6	Казань	131,5	179,0	398,0	428,9	667,2	868,5	989,0	1085,3	1105,3	1143,5	1217,0
7	Челябинск	19,9	59,3	273,1	441,5	689,0	875,2	1029,9	1141,8	1077,2	1130,1	1192,0
8	Омск	37,5	161,7	288,9	н.д.	581,1	821,2	1015,8	1148,5	1134,0	1154,1	1178,1
9	Самара	91,7	175,6	390,5	555,0	806,4	1044,8	1203,3	1257,3	1157,9	1164,7	1170,9
10	Ростов-на-Дону	119,9	308,1	502,9	432,9	599,5	788,9	924,6	1007,8	1068,3	1089,3	1119,9
11	Уфа	50,0	84,1	250,1	н. д. <sup>3</sup>	546,9	770,9	976,9	1079,8	1042,4	1062,3	1111,0
12	Красноярск	26,6	72	190	н. д.	412,4	648,1	795,2	912,4	909,3	973,8	1066,9
13	Пермь	45,4	119,8	255,2	418,2	629,1	850,3	998,1	1092,4	1001,7	991,1	1041,9
14	Воронеж	84,1	122	344	н. д.	447,2	660,2	781,4	881,8	848,8	889,7	1032,4
15	Волгоград	56,0	151,5	445,3	323,0	591,2	817,6	925,7	994,6	1011,4	1021,2	1016,1

<sup>1</sup> Указано современное название, города перечислены в порядке убывания численности населения, по данным на 2016 год.

<sup>2</sup> На месте современного Новосибирска был поселок Ново-Николаевск, данных о численности населения которого нет.

<sup>3</sup> н. д. — нет данных.

в изначальном названии которого (Ново-Николаевск) содержался намек на царское имя, посему в 1926 г. город был переименован и с тех пор его название осталось неизменным (табл. 2).

Таблица 2  
Переименования современных городов-миллионеров России [12]

№	Современное название города	Дата основания, год	Изначальное название	Переименования: новое название, даты существования
1	Москва	1147	Москва	
2	Нижний Новгород	1221	Нижний Новгород	Горький 07.10.1932 – 22.10.1990
3	Казань	1438	Казань	
4	Воронеж	1586	Воронеж	
5	Самара	1586	Самара	Куйбышев 27.01.1935 – 25.01.1991
6	Уфа	1586	Уфа	
7	Волгоград	1589	Царицын	Сталинград 10.04.1925 – 10.11.1961
8	Красноярск	1628	Красноярск	
9	Санкт-Петербург	1703	Санкт-Петербург	Петроград 18.08.1914 – 26.01.1924
10	Екатеринбург	1722	Екатеринбург	Свердловск 14.10.1924 – 04.09.1991
11	Челябинск	1736	Челябинск	
12	Ростов-на-Дону	1749	Ростов-на-Дону	
13	Пермь	1780	Пермь	Молотов 08.03.1940 – 02.10.1957
14	Омск	1782	Омск	
15	Новосибирск	1903	Ново-Николаевск	Новосибирск с 12.02.1926

Какие же факторы способствовали развитию именно такой территориальной организации системы городов-миллионеров на территории России? Чтобы понять это, следует обратиться к истории России, проследить особенности ее регионального социально-экономического и политического развития в ходе XX века, обратив особое внимание на изменение административно-территориального деления и преобразования административного статуса городов [10; 11].

Прежде всего, рассмотрим стартовые возможности каждого из современных городов-миллионеров в начале прошлого столетия и попытаемся

понять, зависело ли развитие этих городов от «древности» их образования. Для этого ранжируем города по датам их образования — от древних до самых молодых — и сопоставим ранги по «древности» с рангами по численности в начале и в конце XX века (табл. 3).

Таблица 3

**Сопоставление дат основания современных городов-миллионеров  
с их численностью в начале и в конце XX века**

№ (ранг по дате основа- ния)	Современное название города	Дата осно- вания, год	Население в 1897 г.		Население в 2002 г.		Ранг по времени перехода миллионной отметки
			Числ., тыс. чел.	Ранг по чис- ленности	Числ., тыс. чел.	Ранг по чис- ленности	
1	Москва	1147	1035,7	2	10357,8	1	2
2	Нижний Новгород	1221	95,1	5	1 311,2	4	3
3	Казань	1438	131,5	3	1 105,3	8	10
4	Воронеж	1586	84,1	7	848,8	15	14
5	Самара	1586	91,7	6	1 158,1	6	6
6	Уфа	1586	50,0	10	1 042,4	11	11
7	Волгоград	1589	56,0	8	1 012,8	12	13
8	Красноярск	1628	26,6	13	909,3	14	15
9	Санкт-Петербург	1703	1267,0	1	4 669,4	2	1
10	Екатеринбург	1722	55,6	9	1 293,0	5	4
11	Челябинск	1736	19,9	14	1 078,3	9	7
12	Ростов-на-Дону	1749	119,9	4	1 070,2	10	12
13	Пермь	1780	45,4	11	1 000,1	13	9
14	Омск	1782	37,5	12	1 133,9	7	8
15	Новосибирск	1903	—	15	1 425,6	3	5

Визуальное сопоставление ранжированных рядов приведенных в таблице 3 показателей обнаруживает в целом незначительные абсолютные совпадения рангов. Только Москва в данном случае может служить подтверждением закономерности: чем древнее город, тем выше численность его населения к началу XXI века. Однако к началу XX века эта закономерность просматривалась более явно, и подтверждением тому являлись Казань, Екатеринбург, Новосибирск, а также Пермь, Омск, Волгоград (Царицын). Их место в «возрастном» ряду точно или близко соответствовало месту по численности жителей. Это подтверждают и статистические расчеты: если коэффициент ранговой корреляции между датой основания и современной численностью городов-миллионеров составляет всего 0,26, то между датой основания и численностью населения в начале века он более значителен — 0,69, что свидетельствует о довольно высокой тесноте связи между названными показателями. Только **Санкт-Петербург** резко опровергает данную зависимость: являясь девятым по дате основания, он занимает в начале XX века первое место по численности населения, превосходя Москву.

У Санкт-Петербурга как столичного города в начале XX века были наилучшие стартовые возможности развития. Обогнав Москву по числу жителей, этот город, сосредоточивший в себе значительный промышленный потенциал, государственные учреждения, деловую элиту Российской империи, внешнеэкономические связи, являясь крупным морским портом на Балтике, имел огромные перспективы развития. Однако изменение геополитического положения Санкт-Петербурга в связи с началом Первой мировой войны и революционными событиями в России привело в 1918 г. к потере столичного статуса этим городом, что негативно сказалось на динамике численности его населения. Это отчетливо просматривается, прежде всего, при сопоставлении динамики численности населения Санкт-Петербурга и Москвы (рис. 2).

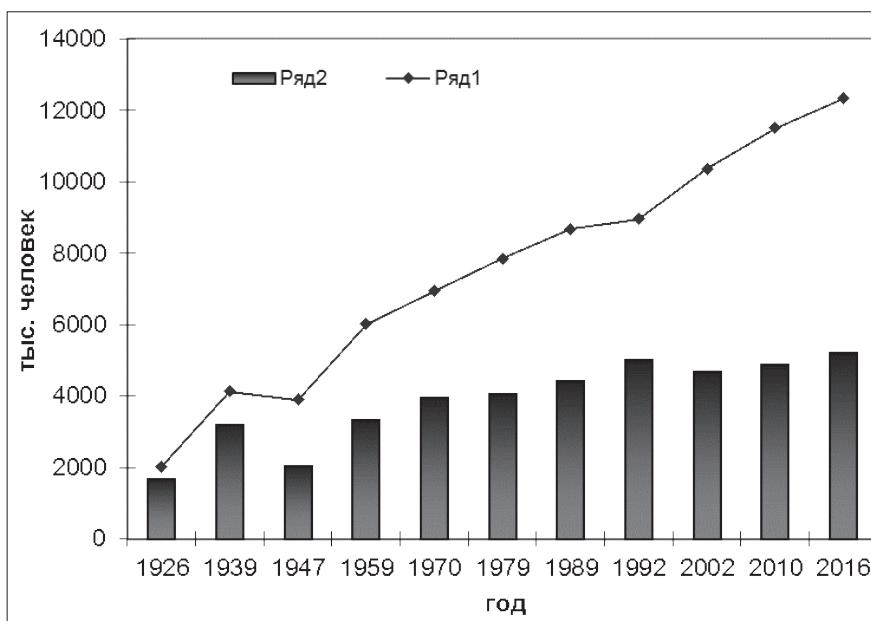
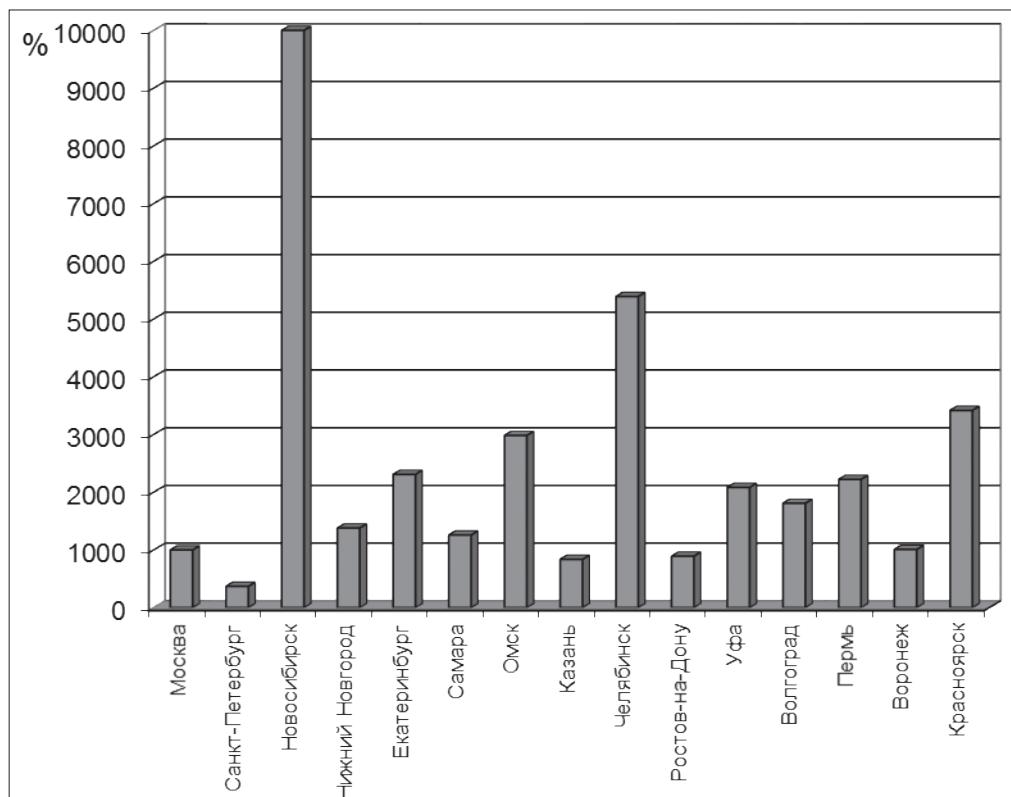


Рис. 2. Динамика численности населения Санкт-Петербурга и Москвы (1926–2016 гг.)  
(составлено О.В. Шульгиной по источникам [1; 3; 5–9; 13; 14])

Обращает на себя внимание все возрастающий разрыв в численности населения между этими двумя столичными городами — к настоящему времени он достиг максимума, когда численность населения **Москвы** превзошла численность населения Санкт-Петербурга в 2,3 раза (соответственно 12 330,1 и 5225,7 тысяч жителей). Просматривается некоторое сходство в ряду динамики численности населения между названными городами: падение численности к 1926 г., затем к 1939 г. — значительный рост и резкое уменьшение числа жителей к 1947 г. Все это свидетельствует о том, что важнейшие политические и экономические события, потрясения и войны, особенно Великая Отечественная война, в равной мере сказались на развитии двух самых крупных городов нашей страны. Человеческие потери в годы Великой Отечественной войны более всего сказались на численности населения Санкт-Петербурга

(тогда Ленинграда): с 1939 по 1947 г. зафиксировано снижение численности жителей этого города на 36 % — больше, чем во всех других крупнейших городах. Например, значительно пострадавший в годы Великой Отечественной войны Волгоград (Сталинград) потерял за этот период 27 % населения, Ростов-на-Дону — 14 %, Москва — 6 %. Интересно, что в этот период значительно увеличили свою численность города Урала, Сибири, Поволжья: Пермь — на 64 %, Челябинск — на 62 %, Новосибирск — на 60 %, Самара — на 42 %.

Среди современных городов-миллионеров по темпам роста численности населения в XX веке Санкт-Петербург занимает последнее место (рис. 3).



**Рис. 3.** Темпы роста численности населения современных городов-миллионеров в XX веке (2002 г. в % к 1897 г.) (составлено О.В. Шульгиной по источникам [1; 3; 5–9; 13; 14])

Абсолютным лидером по темпам роста численности населения среди рассматриваемой группы городов в XX веке являлся **Новосибирск**, возникший в 1893 г. как поселок Новая Деревня в связи со строительством железнодорожного моста через Обь в ходе сооружения Транссибирской магистрали. Затем этот поселок был переименован в Александровский (1894 г.), позднее — в 1895 г. — в поселок Ново-Николаевский. Только в 1903 г. этот поселок получил статус города Ново-Николаевска, входившего в Томскую губернию. Благодаря выгодному

экономико-географическому положению город быстро развивался, что способствовало и повышению его административного статуса. С 1921 по 1925 г. Ново-Николаевск являлся губернским центром, и это, безусловно, стало новым стимулом его развития.

В 1925 г. Ново-Николаевск был переименован в Новосибирск, произошедшие в 1930 г. преобразования административно-территориального деления России, направленные на разукрупнение краев и областей, выдвинули Новосибирск сначала на роль краевого центра (с 1930 по 1937 г. он являлся административным центром Западно-Сибирского края), а затем — на роль областного центра Новосибирской области, которую этот город выполняет и поныне. Уже в 1930-е годы Новосибирск обогнал по численности населения Омск и стал в народе именоваться столицей Сибири. В годы Великой Отечественной войны (1941–1945) в Новосибирск были эвакуированы многие промышленные предприятия и население из европейской части страны, что немало способствовало не только промышленному развитию этого города, но и приобретению им в дальнейшем функции крупного научного центра страны.

Сопоставление темпов роста численности населения сибирских городов — Тобольска, Тюмени, Омска, Новосибирска — явно демонстрирует роль транспортно-географического положения в развитии городских поселений, в котором преимущество оказалось на стороне Новосибирска. Именно Новосибирск, вследствие своего положения, стал крупнейшим транспортным узлом Сибири: Транссибирская железнодорожная магистраль здесь пересекает крупнейшую водную магистраль Сибири (реку Обь), смыкается с железными дорогами на Кузбасс и Алтай; здесь концентрируется узел автомобильных дорог на Омск, Томск, Кемерово, Бийск и другие центры. Новосибирск также является и крупным речным портом на реке Обь. Здесь же расположен и один из крупнейших аэропортов Сибири международного класса. К настоящему времени этот город, насчитывающий 1584 тыс. человек, занимает третье место по числу жителей после Москвы и Санкт-Петербурга, в середине 1980-х годов он обогнал по числу жителей Нижний Новгород (тогда Горький).

Далее по темпам роста численности населения в порядке убывания следуют города: Челябинск, Красноярск, Омск, Екатеринбург, Пермь, Уфа. Это в основном города Уральского экономического района и близкий к ним территориально сибирский город Омск, а также сибирский город Красноярск.

Опережающий рост численности населения городов этой группы был обусловлен в XX веке многолетней тенденцией сдвига народнохозяйственно-го комплекса и населения на восток, усилившейся в предвоенные и военные годы; интенсивным освоением ресурсного потенциала Урала и юга Сибири. Все эти факторы одновременно сочетались с благоприятным транспортно-географическим положением данных городов. При этом каждый из названных городов имел свои особые стимулы развития, выдвинувшие его в число лидеров по численности населения.

**Челябинск** вступил в XX век как уездный город Оренбургской губернии с числом жителей около 20 тыс. человек (меньшее количество жителей насчитывалось в тот период в рассматриваемой группе городов только в будущем Новосибирске, бывшем тогда еще совсем небольшим поселком). Однако уже тогда в связи со строительством Великой Сибирской магистрали и железнодорожной дороги на Екатеринбург Челябинск превратился в важнейший железнодорожный узел, связывающий Европейскую Россию с Сибирью и Дальним Востоком. Именно через Челябинск двигались потоки переселенцев в Сибирь. В начале века благодаря большому развитию в Челябинске хлеботорговли и мукоильного производства город вышел на первое место среди городов Урала и Сибири по вывозу зерновых и хлебопродуктов и превзошел все города Урала по производительности мельниц. Одновременно Челябинск укреплял свое значение как транспортный центр: железнодорожное депо было наиболее значительным городским предприятием.

В 1919 г. Челябинск становится центром одноименной губернии и в таком статусе развивается до 1923 г., затем — до 1934 г. он был окружным центром Уральской области. Однако со снижением административного статуса рост города не прекратился и даже интенсифицировался в связи с сооружением Челябинской ГРЭС и вступлением в строй ряда заводов: ферросплавов, тракторного, цинкового, абразивного, электродного и др. С 1934 г. Челябинск стал областным центром. В годы Великой Отечественной войны в Челябинск было эвакуировано около 60 промышленных предприятий: часть цехов Московского автозавода имени Сталина (сейчас имени Лихачева), Ленинградского Кировского завода, подмосковного завода «Электросталь», московского завода «Калибр» и др. Промышленность города была переориентирована на выпуск военной продукции. На Челябинском тракторном заводе (Танкограде) были созданы и запущены в серийное производство 13 типов танков и самоходных артиллерийских установок. Высокая концентрация производства в городе способствовала дальнейшему росту числа его жителей. Перепись населения 1979 г. зафиксировала переход Челябинска в разряд городов-миллионеров.

Занимавший третье место по темпам роста численности населения Омск также был отнесен к числу городов-миллионеров в 1979 г. Этот город, крупнейший транспортный узел Сибири, явившийся в начале XX века одним из оживленных центров международной торговли России (торговля товарами, производившимися в Сибири), в годы революции был ареной ожесточенной борьбы за власть. В 1918–1919 гг. именно Омск являлся альтернативной столицей России: здесь размещалось правительство А.В. Колчака — Верховного правителя России, избранного представителями белого движения. До 1934 г. Омск являлся окружным, затем районным центром Сибирского (с 1930 г. — Западно-Сибирского) края. С 1934 г. является областным центром. В 1941 г. в Омск были эвакуированы военные заводы из центра России, что стало значительным стимулом развития промышленности и города в целом. Современный

Омск — не только крупный промышленный центр, но и центр значительного сельскохозяйственного региона.

Раньше Омска почти на 10 лет к числу городов-миллионеров был причислен Екатеринбург (по данным переписи населения 1970 г.). Заложенный В.Н. Татищевым в 1721 г. как горнозаводской, культурный и торговый центр Урала, Екатеринбург к началу XX в. стал одним из крупнейших уездных городов Европейской России (входил в Пермскую губернию). С 1919 г. город стал центром Екатеринбургской губернии, с 1923 г. — Уральской области, с 1934 г. — центром Свердловской области. С 1924 по 1991 г. он назывался Свердловском. К началу 1941 г. город уже обладал высоким промышленным потенциалом, а эвакуация в годы Великой Отечественной войны сюда предприятия из центра страны во многом подтолкнула его развитие как крупнейшего в стране промышленного центра. Екатеринбург опередил по своей численности, темпам роста и современному статусу некогда «возвышавшуюся» над ним Пермь. Причиной этого можно назвать ресурсную базу Урала и более выгодное транспортно-географическое положение.

Главным образом особенностью транспортно-географического положения обусловлена значительная концентрация городов-миллионеров в Поволжье: **Нижний Новгород, Самара, Казань, Волгоград**. Волга как крупнейшая транспортная артерия Европейской России исторически предопределила формирование и рост крупных городов на пересечении водных и сухопутных путей, простирающихся в меридиональном и в широтном направлениях. По образному выражению Г.М. Лаппо, Урало-Поволжье «представляет своим центрам возможность выступать в роли важнейших узлов межрайонных взаимодействий. Не случайно его первенствующие города — Самара и Екатеринбург — назывались кандидатами на пост столицы России при обсуждении вопроса ее переноса из Москвы. Роль временной столицы в годы войны Самара уже выполняла» [4: с. 355].

Город **Самара** — один из старейших и красивейших городов России, возникший в 1586 году на берегу Волги. Вследствие своего удобного транспортного и благоприятного стратегического положения этот город сыграл в истории России заметную роль, что, естественно, отразилось на численности его населения. По количеству жителей среди крупнейших городов Поволжья он уступает лишь Нижнему Новгороду, который раньше Самары более чем на столетие (в 1719 г.) получил статус губернского центра. Самара же стала губернским городом одноименной губернии лишь в 1851 г., являясь до этого тихим уездным городом Симбирской губернии, а еще раньше она входила в состав Казанской (с 1708 г.), а затем Астраханской губернии (с 1718 по 1780 г.).

В результате административно-территориальных преобразований советского государства Самара не утратила статуса крупного административного центра: до 1928 г. она оставалась центром губернии, после этого стала центром Средневолжской области, затем Средневолжского края, переименованного в 1935 г.

в Куйбышевский край, с 1936 г. — в Куйбышевскую область, с 1990 г. — в Самарскую область. Соответственно, подвергся переименованиям и сам город, который с 1935 по 1990 г. назывался именем крупного советского политического деятеля В.В. Куйбышева. Особое геополитическое положение города и наличие соответствующей материальной базы послужили главными причинами того, что в годы Великой Отечественной войны именно Самаре выпала роль временной столицы страны. Сюда были эвакуированы правительственные учреждения из Москвы, посольства и представительства иностранных государств, промышленные предприятия. Здесь, в Самаре, ставшей одним из арсеналов Советской армии, было налажено производство самолетов-штурмовиков Ил-2, Ил-10. Сюда были эвакуированы видные представители культурной элиты страны: Д. Шостакович, И. Эренбург и др. Все это послужило основой того, что и спустя полвека Самара остается крупным промышленным, административным, научным и культурным центром России.

Важность привязки к дорожной сети отчетливо демонстрирует еще один город-миллионер, расположенный на юге России, — **Ростов-на-Дону**. Исторически занимавший ключевое транспортное положение, открывающее ворота на Кавказ, этот город в XX веке имел важное административно-политическое значение. Однако темпы роста этого города, как и городов Поволжья, в ходе XX века были сравнительно невелики.

В конце XX века отчетливо просматривается тенденция сокращения численности населения крупных и крупнейших городов, которая не миновала и города-миллионеры. Таблицы 1 и 4 показывают, что за период между переписями 1989 и 2002 гг. восемь городов из тринадцати на то время, то есть большинство городов-миллионеров теряло население, и только в четырех из них оно увеличилось.

Таблица 4

**Темпы роста численности населения современных городов-миллионеров в XX веке** (составлено О.В. Шульгиной по источникам [1; 3; 5–9; 14])

Название города	1926 г. в % к 1897	1939 г. в % к 1926	1947 г. в % к 1939	1959 г. в % к 1947	1970 г. в % к 1959	1979 г. в % к 1970	1989 г. в % к 1979	1992 г. в % к 1989	2002 г. в % к 1992	2002 г. в % к 1897
Москва	197	203	94	154	116	113	110	103	116	1000
Санкт-Петербург	133	189	64	164	119	103	109	113	93	369
Ново-сибирск	—	338	160	137	131	113	110	101	99	1188
Нижний Новгород	234	290	101	145	124	115	107	101	91	1380
Екатеринбург	252	304	119	154	132	118	113	101	94	2309
Самара	191	222	142	145	130	115	104	99	93	1259
Омск	431	178	—	—	141	124	113	102	97	2984
Казань	136	222	108	155	130	114	110	102	100	837
Челябинск	298	463	162	156	127	118	111	100	94	5390

Название города	1926 г. в % к 1897	1939 г. в % к 1926	1947 г. в % к 1939	1959 г. в % к 1947	1970 г. в % к 1959	1979 г. в % к 1970	1989 г. в % к 1979	1992 г. в % к 1989	2002 г. в % к 1992	2002 г. в % к 1897
Ростов-на-Дону	257	163	86	139	132	117	109	102	104	892
Уфа	168	298	—	—	141	127	111	102	95	2084
Волгоград	271	293	73	183	138	113	107	101	101	1809
Пермь	264	213	164	150	135	117	109	101	91	2222

Особенно наглядно эта тенденция ощущалась с 1992 по 2002 г. За этот период более всех городов-миллионеров увеличилось население в Москве (16 %), менее значительный рост отмечался в Ростове-на-Дону (4 %) и в Волгограде (1 %); в Казани рост численности населения составлял десятые доли процента. Наибольшее сокращение численности произошло в Нижнем Новгороде и Перми (на 9 %), Санкт-Петербурге и Самаре (на 7 %). Волгоград и Ростов-на-Дону за этот период то выходили из состава городов-миллионеров, то опять к ним причислялись. С 2002 по 2016 г. численность населения городов-миллионеров России увеличивалась медленно, и только в Нижнем Новгороде количество жителей немного сократилось.

По-видимому, такая тенденция свидетельствует о переходе процесса урбанизации в России к новой стадии, когда порог количественного насыщения городов пройден и наступил этап качественных преобразований. Это во многом обусловлено и осложнившейся демографической ситуацией, которая неизбежно затронула, хотя и в меньшей степени, крупнейшие города. Как показывает таблица 5, в большинстве этих городов естественный прирост населения выше среднероссийского показателя, и только в четырех из них — Волгограде, Самаре, Нижнем Новгороде и Воронеже — естественный прирост населения имеет отрицательные значения, что свидетельствует о превышении смертности населения над рождаемостью. При этом все города-миллионеры, кроме Нижнего Новгорода и Уфы, в 2016 г. являлись притягательными для мигрантов; особенно большое количество приезжих было зафиксировано в Москве и далее со значительным отставанием по убыванию — в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Красноярске, Воронеже, Челябинске. Из всех городов-миллионеров России Нижний Новгород выделяется наиболее неблагоприятным сочетанием отрицательного естественного и механического движения населения, что, безусловно, скажется впоследствии на динамике численности его населения. Самые благоприятные показатели демографического развития демонстрирует Красноярск.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Появление на территории России городов-миллионеров — закономерный итог развития индустриализации и бурного экстенсивного процесса урбанизации, характеризующегося ростом доли городского населения и увеличением числа крупных городов. Для России это было особенно характерным именно в XX веке.

Таблица 5

**Некоторые демографические показатели городов-миллионеров России в 2016 г.**  
 (составлено О.В. Шульгиной на основе источника [6])

№	Название города	Численность населения на 01.01.2016, тыс. чел	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Число женщин на 1000 мужчин	Число родившихся на 1000 человек	Число умерших на 1000 человек	Ест. прирост, убыль (−) на 1000 человек	Миграционный прирост, тыс. человек
1	Москва	12 330,1	2,6	4815	1166	11,6	9,9	1,7	112,2
2	Санкт-Петербург	5225,7	1,4	3735	1213	13,6	11,9	1,7	25,3
3	Новосибирск	1584,1	0,5	3167	1174	14,6	11,6	3,0	12,4
4	Нижний Новгород	1266,9	0,4	3106	1275	13,2	13,9	-0,7	-0,2
5	Екатеринбург	1444,4	1,1	1293	1231	15,8	11,2	4,6	9,6
6	Самара	1170,9	0,5	2161	1245	13,5	14,4	-0,9	0,2
7	Омск	1178,1	0,6	2078	1200	13,9	12,2	1,7	2,2
8	Казань	1217,0	0,6	1982	1242	16,8	11,0	5,8	4,3
9	Челябинск	1192,0	0,5	2380	1238	14,7	11,8	2,9	5,2
10	Ростов-на-Дону	1119,9	0,3	3209	1204	12,5	11,5	1,0	4,0
11	Уфа	1111,0	0,7	1584	1223	16,2	11,5	4,7	-0,2
12	Волгоград	1016,1	0,9	1182	1217	11,6	13,2	-1,6	0,2
13	Пермь	1041,9	0,8	1302	1266	15,0	12,3	2,0	2,6
14	Воронеж	1032,4	0,6	1731	1218	12,7	12,8	-0,1	8,9
15	Красноярск	1066,9	0,4	3017	1207	15,1	10,3	5,1	9,2
	Россия в целом	<b>146 544,7</b>	<b>17 125,2</b>	<b>8,6</b>	<b>1158</b>	<b>13,3</b>	<b>13,0</b>	<b>0,3</b>	

2. Характерный рисунок территориального размещения городов-миллионеров в России связан, прежде всего, с благоприятностью природных условий проживания людей, степенью заселенности и освоенности пространства, общей концентрацией населения. Важнейшим фактором является транспортно-географическое положение. На определенных этапах истории России (войны, революции) значительным стимулом развития городов являлось геополитическое и стратегическое положение. Немаловажную роль сыграл и политico-административный статус города в условиях ряда коренных преобразований административно-территориального устройства страны в XX веке.

3. Наличие значительного количества крупнейших городов на территории страны имеет как положительное значение (экономический эффект от концентрации хозяйства, населения, коммуникаций), так и отрицательные последствия: экологическая напряженность, ухудшение условий жизни, преступность и т. д. В связи с этим наметившуюся тенденцию снижения численности населения крупнейших городов нельзя воспринимать только с негативным оттенком. Отрицательным здесь является то, что данная тенденция обусловлена, прежде всего, общим сокращением количества населения России. То, что этот процесс уже затронул и города-миллионеры, являвшиеся всегда центрами интенсивного притяжения людей, отчетливо свидетельствует об остроте демографической ситуации, которая уже не компенсируется миграционными потоками.

### *Литература*

1. Год образования городских поселений и численность их населения в 1979 и 1989 гг. // Городские поселения РСФСР по данным Всесоюзной переписи населения 1989 г. М.: Респ. инф.-изд. центр, 1991. С. 168–243.
2. Города России: энциклопедия / гл. ред. Г.М. Лаппо. М.: Большая российская энциклопедия, 1994. 559 с.
3. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ): Ф. А–374, оп. 11, д. 416, л. 1–3 (Численность населения городов России в 1947 г.).
4. *Лаппо Г.М.* География городов: учеб. пособие для геогр. ф-тов вузов. М.: Владос, 1977. 480 с.
5. Материалы Первой Всероссийской переписи населения 1897 г. // Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефона. Т. 54. С.-Пб., 1899. С. 111–115.
6. Регионы России. Основные социально-экономические показатели городов. 2016: стат. сб. М.: Росстат, 2016. 442 с.
7. Российский государственный архив экономики (РГАЭ), Ф. 1562, оп. 336, д. 56а, л. 36–39 (Итоги Всесоюзной переписи населения 1926 г.).
8. Российский государственный архив экономики (РГАЭ), Ф. 1562, оп. 336, д. 237, л. 10–15 (Итоги Всесоюзной переписи населения 1939 г.).
9. Численность населения городов и поселков городского типа с населением 15 тыс. человек и более по республикам, краям и областям в 1959 и 1979 гг. // Итоги Всесоюзной переписи населения 1970 года. Т. 1. М.: Статистика, 1972. С. 22–42.
10. *Шульгина О.В.* Административно-территориальное деление России в XX веке: историко-географический аспект: автореф. дис. ... д-ра ист. наук: 07.00.02. М.: МГПУ, 2005. 42 с.

11. Шульгина О.В. Изменение образа России в XX веке // Живописная Россия. 2004. № 6 (31). С. 2–6.
12. Шульгина О.В. Историко-географический подход в изучении топонимики российских регионов // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. 2016. № 2 (22). С. 84–93.
13. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 13.01.2018).
14. Численность населения городов // Сводные итоги Всероссийской переписи населения 2010 года. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/vol11pdf-m.html](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/vol11pdf-m.html) (дата обращения: 13.01.2018).

### *Literatura*

1. God obrazovaniya gorodskix poselenij i chislennost' ix naseleniya v 1979 i 1989 gg. // Gorodskie poseleniya RSFSR po dannym Vsesoyuznoj perepisi naseleniya 1989 g. M.: Resp. inf.-izd. centr, 1991. S. 168–243.
2. Goroda Rossii: e'nciklopediya / gl. red. G.M. Lappo. M.: Bol'shaya rossijskaya e'nciklopediya, 1994. 559 s.
3. Gosudarstvennyj arxiv Rossiijskoj Federacii (GARF): F. A–374, op. 11, d. 416, l. 1–3 (Chislenost' naseleniya gorodov Rossii v 1947 g.).
4. Lappo G.M. Geografiya gorodov: ucheb. posobie dlya geogr. f-tov vuzov. M.: Vlados, 1977. 480 s.
5. Materialy' Pervoj Vserossijskoj perepisi naseleniya 1897 g. // E'nciklopedicheskij slovar' F.A. Brokgauza i I.A. Efrona. T. 54. S.-Pb., 1899. S. 111–115.
6. Regiony' Rossii. Osnovny'e social'no-e'konomicheskie pokazateli gorodov. 2016: stat. sb. M.: Rosstat, 2016. 442 s.
7. Rossijskij gosudarstvennyj arxiv e'konomiki (RGAE'), F. 1562, op. 336, d. 56a, l. 36–39 (Itogi Vsesoyuznoj perepisi naseleniya 1926 g.).
8. Rossijskij gosudarstvennyj arxiv e'konomiki (RGAE'), F. 1562, op. 336, d. 237, l. 10–15 (Itogi Vsesoyuznoj perepisi naseleniya 1939 g.).
9. Chislenost' naseleniya gorodov i poselkov gorodskogo tipa s naseleniem 15 ty's. chelovek i bolee po respublikam, krayam i oblastyam v 1959 i 1979 gg. // Itogi Vsesoyuznoj perepisi naseleniya 1970 goda. T. 1. M.: Statistika, 1972. S. 22–42.
10. Shul'gina O.V. Administrativno-territorial'noe delenie Rossii v XX veke: istoriko-geograficheskij aspekt: avtoref. dis. ... d-ra ist. nauk: 07.00.02. M.: MGPU, 2005. 42 s.
11. Shul'gina O.V. Izmenenie obraza Rossii v XX veke // Zhivopisnaya Rossiya. 2004. № 6 (31). S. 2–6.
12. Shul'gina O.V. Istoriko-geograficheskij podxod v izuchenii toponimiki rossijskix regionov // Vestnik MGPU. Seriya: Estestvenny'e nauki. 2016. № 2 (22). S. 84–93.
13. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <http://www.gks.ru/> (data obrashheniya: 13.01.2018).
14. Chislenost' naseleniya gorodov // Svodnye itogi Vserossijskoj perepisi naseleniya 2010 goda. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/perepis2010/croc/vol11pdf-m.html](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/vol11pdf-m.html) (data obrashheniya: 13.01.2018).

*O.V. Shulgina*

**Russia's Cities-Millionaires:  
Geographical Patterns of Distribution and Factors of Development  
in the 20<sup>th</sup>–21<sup>st</sup> Centuries**

In the article geographic regularities of distribution of city with a million or more people on the territory of Russia are considered. The factors of origin and development of the country's largest cities are the following: the transport-geographical position, the administrative status, the strategic significance, the natural and resource potential of the territory. A comparative analysis of population dynamics and geodemographic features of the development of millionaire cities in the XX–XXI centuries are presented.

*Keywords:* city-millionaires; geographical patterns of distribution; development factors; population dynamics; comparative analysis.

**К.В. Белисова**

## **Территориальные особенности и динамика развития сельских периферийных районов Юга Европейской России (на примере некоторых районов Ставропольского края, Республики Дагестан и Калмыкия)**

В статье рассматриваются географические особенности сельских периферийных районов Юга Европейской России. Дано характеристика социально-экономического развития граничащих между собой восточных районов Ставропольского края, северных районов Республики Дагестан и юго-восточных районов Республики Калмыкия. Представлены результаты социологического опроса, проведенного в ключевых районах исследуемой территории, определены основные проблемы их развития.

*Ключевые слова:* географические особенности; Юг Европейской России; периферия; сельская местность; социологический опрос.

### **Введение**

Одной из особенностей социально-экономического развития Российской Федерации является высокая пространственная дифференциация потенциала развития территорий и значительные региональные различия, проявляющиеся в разнообразных аспектах — в уровне и качестве жизни населения, в уровне развития промышленности и других отраслей экономики, в развитии транспортной, инженерной и иной инфраструктуры и т. д. Выигрывают те территории, которые занимают активную позицию и прикладывают существенные усилия по включению в международные финансовые, товарные, ресурсные, туристские и иные виды деятельности. Наряду с этим существуют и территории, которые по ряду причин оказываются на периферии районов и центров экономической активности. Эти территории характеризуются, как правило, неблагоприятными социально-экономическими условиями и испытывают наряду с экономическими трудностями отток населения [11].

Юг Европейской России — это часть масштабной территориальной социально-экономической системы и одновременно конгломерат пространственных целостностей, арена их взаимодействия [4]. Юг Европейской России как социально-территориальное образование в настоящее время представляет собой неустойчивый и сложно структурированный в административно-политическом, культурно-историческом, хозяйственно-экономическом и социальном отношении объект. Для решения накопившихся проблем необходимо взаимодействие в рамках не только отдельных муниципальных образований и регионов, но и федеральных округов в целом.

Работы, в которых освещаются проблемы центро-периферийной организации, изучают многие российские ученые и практики: А.И. Трэвиш, О.В. Грицай, Г.В. Иоффе, Б.Б. Родоман, Т.Г. Нефёдова, В.В. Пациорковский и др. Прежде чем перейти к рассмотрению периферийных районов Юга Европейской России определимся, что такое периферия. Географически ее рассматривают в разных масштабах (Т.Г. Нефедова): 1) в мелком масштабе — как периферию внешнюю, т. е. регионы и города, удаленные от столицы государства; 2) в среднем масштабе — как периферию внутрирегиональную (районы и небольшие города, удаленные от центров субъектов РФ); 3) в крупном масштабе — как периферию локальную (сельские территории, удаленные от городов). Показателем периферийности в данном контексте служит физическая удаленность от некоторого центра — столицы государства, региона, большого или любого города (в случае, если эта территория находится между центрами, ее часто называют глубинкой). Но не это главное. Возникновение периферии сопровождается поляризацией пространства и контрастами в степени социально-экономического развития его частей [8].

Б.Б. Родоман в своих исследованиях рассматривает понятие «внутренняя периферия». Важными свойствами внутренней периферии, особенно актуальными в специфических и уникальных российских условиях, автор считает ее относительность и повсеместность. Нельзя с полной определенностью сказать и показать на карте, какие места являются периферийными, а какие — центральными. Все зависит от той «системы координат», в которой они выделяются [10].

### Постановка проблемы

Специфика Юга Европейской России связана с высокой полигэтничностью и поликонфессиональностью его населения, более поздним, по сравнению с другими территориями, включением в состав России (во второй половине XIX в.), сохранением традиционных форм хозяйствования [3]. Современное население на Юге Европейской России характеризуется высокой плотностью, повышенным уровнем бедности и безработицы. Особую актуальность вышеозначенные особенности и проблемы приобретают на периферии.

Целью данного исследования является выявление динамики развития периферийных сельских районов Юга Европейской России. Предметом исследования является периферийность как фактор развития территории. В состав рассматриваемой нами территории входят граничащие между собой восточные районы Ставропольского края, северные районы Республики Дагестан и юго-восточные районы Республики Калмыкия. Почти все они представлены сельскими населенными пунктами. На сегодняшний день существует стратегия устойчивого развития сельских территорий до 2020 г. Однако она слабо учитывает региональную специфику, описывая общую характеристику и приводя обобщенные прогнозы для всей сельской местности России. Стратегия по развитию сельской этнической периферии Юга Европейской России, которая была бы весьма актуальна для рассматриваемой территории, вообще отсутствует.

### Методика исследования

Для анализа географических особенностей сельской периферии Юга Европейской России нами были выбраны три района: Левокумский район Ставропольского края, Черноземельский район Республики Калмыкия и Ногайский район Республики Дагестан. Районы являются самыми большими по площади в своих субъектах, непосредственно граничат между собой и удалены от своих административных центров. Их население представлено исключительно сельскими жителями, районы преимущественно имеют различный национальный состав, а также характеризуются общими чертами ведения хозяйства.

Районы находятся на периферии как своих регионов, так и Юга Европейской России в целом. Они территориально удалены от зоны влияния крупных городов и вследствие этого не могут испытывать на себе все выгоды агломерационного эффекта. Согласно Н.В. Зубаревич, его воздействие может проявляться через эффект масштаба (уменьшение стоимости единицы продукции), уменьшение расходов на транспортировку товаров, услуг и информации внутри агломерации, рост технологической конкуренции предприятий, производящих однотипную продукцию, благодаря чему происходит ускоренное внедрение инноваций, концентрацию трудовых ресурсов, новых знаний и потребителей [5]. Отсутствие эффекта масштаба влияет на развитие периферийности в районах, основные показатели которой представлены в таблице 1.

Таблица 1

#### Основные показатели периферийности ключевых территорий

№	Показатель периферийности	Обоснование
1	Удаленность	Районы удалены от своих административных центров (расстояние от с. Левокумское до г. Ставрополь — 250 км, от с. Комсомольское до г. Элиста — 192 км, от с. Терекли-Мектеб до г. Махачкала — 233 км)
2	Архаичность образа жизни	Производственная инфраструктура районов слабо развита, качество жизни пониженное, привлекательность и перспективность жизни и работы для молодежи низкая
3	Низкий уровень внедрения инноваций, консервативность развития	Невысокий инновационный потенциал, падение мотивации населения районов к инновационной деятельности, пассивное отношение к инновациям, отсутствие четких стратегических целей и приоритетов в социально-экономическом развитии

Исследование опирается на материалы трех последних переписей населения (1989, 2002, 2010 гг.) и данные текущего учета населения территориальных органов Федеральной службы государственной статистики по Ставропольскому краю, Республикам Калмыкия и Дагестан. Использовались аналитический, сравнительно-географический и типологический методы исследования.

По итогам анализа социально-экономических показателей муниципальной статистики исследуемых районов был разработан перечень вопросов для проведения социологического опроса, который позволил оценить предпочтения населения, его собственное видение проблем. Целью социологического исследования являлось выявление отношения населения к сложившимся изменениям в сельской периферии Юга Европейской России за последние 20 лет. Опрос местного населения проводился при помощи интернет-источников и через социальные сети.

### Обсуждение результатов

Внутрирегиональные исследования демонстрируют, как «географическое неравноправие» сказывается на показателях демографического, а затем и социально-экономического развития муниципальных образований или поселений. Зачастую определяющую роль в характере территориального развития приобретает фактор экономико-географического положения, а в наиболее невыгодном положении оказываются сельские периферийные районы и поселения [11].

Анализ социально-экономического развития изучаемых нами районов позволяет прогнозировать некоторые тенденции на перспективу и на основе такого прогноза сформулировать задачи, решение которых необходимо для смягчения социальных проблем.

Однако анализ затруднен ограниченностью информации: региональная статистика по сельской местности представлена в основном демографическими данными. Но даже такая ограниченная информация подтверждает, что по уровню социально-экономического развития районы значительно отстают от субъектных центров и прилегающих к ним территориям. Резко отличаются качество населения (образование, здоровье), уровень и условия жизни [6].

**Левокумский район** расположен на северо-востоке Ставропольского края. Границит с Арзгирским, Буденновским, Нефтекумским районами, на севере — с Республикой Калмыкия, на востоке — с Республикой Дагестан. Занимаемая им площадь составляет 4687,2 км<sup>2</sup>, или 7,1 % от общей площади Ставропольского края, численность населения — 39 889 чел. (2016 г.), или 1,4 % населения края. Наблюдается устойчивая тенденция сокращения численности населения при низком существующем демографическом потенциале района. В национальном составе преобладают русские (68,8 %), даргинцы (22 %) и аварцы (1,3 %) [7]. Главным направлением специализации экономики района является сельское хозяйство с доминирующей ролью растениеводства (зерноводство, виноградарство). По объему производства в натуральном выражении в общекраевом показателе Левокумский район занимает первое место по производству винограда. Виноградарство и виноделие является одной из ведущих и инвестиционно-привлекательных отраслей сельского хозяйства района. Животноводство специализируется на мясо-шерстном производстве. На долю Левокумского района приходится около 30 % поголовья овец и коз Ставропольского края, доля КРС

существенно ниже — примерно 8 %. Собственная переработка сельскохозяйственного сырья отсутствует, что порождает большие проблемы с реализацией продукции.

**Черноземельский район** в юго-восточной части Республики Калмыкия почти полностью находится в зоне полупустынь. Границит на севере с Яшкульским районом, на западе — с Ики-Бурульским районом, на юге — со Ставропольским краем и Республикой Дагестан, на востоке — с Лаганским районом и Астраханской областью. Общая площадь составляет 14 200 км<sup>2</sup>, или 18,7 % территории республики, численность населения составляет 12 618 чел. (2016 г.), или 4,5 % населения республики. С 2012 г. наблюдалось небольшое снижение численности населения, которое происходит и сейчас. В национальном составе преобладают калмыки (56,6 %), русские (12,2 %), даргинцы (12 %), аварцы (7,1 %), чеченцы (4,9 %) и казахи (2,9 %) [7]. Наиболее прочные позиции Черноземельского района в территориальном разделении труда Республики Калмыкия прослеживаются в сельскохозяйственном секторе (овцеводство шерстно-мясного направления и скотоводство мясного направления), а также в добывающей промышленности, особенно в добыче нефти (67,5 % от общего объема добываемой нефти в Республике Калмыкия). На территории Черноземельского муниципального района располагается 19 месторождений нефти, из них 79 % принадлежит ООО «Управляющая компания Калмнефть». Растениеводство в районе слаборазвито и выступает вспомогательной отраслью животноводства.

**Ногайский район** расположен на севере Республики Дагестан и граничит на севере с Калмыкией, на западе — со Ставропольским краем, на юге — с Чечней и на востоке — с Тарумовским районом. Площадь территории 9000 км<sup>2</sup>, или 17,8 % общей площади Дагестана, численность населения составляет 19 765 чел. (2016 г.), или 0,7 % населения республики. Демографическая ситуация характеризуется снижением естественного прироста населения, ростом миграционного оттока, но при этом население существенно не убывает (естественный прирост пока компенсирует механический отток населения). В национальном составе района преобладают ногайцы (87 %), даргинцы (8 %) и русские (1 %) [7]. Ногайский район является преимущественно сельскохозяйственным районом, где около 75 % производства приходится на продукцию животноводства. Главными отраслями специализации животноводства выступают овцеводство и скотоводство молочно-мясного направления. Около 7,5 % поголовья овец и коз республики приходится на долю района, а поголовье КРС составляет примерно 2 % от общереспубликанского. Промышленность представлена предприятиями переработки сельскохозяйственного сырья на базе малого бизнеса и предпринимательства.

Итак, рассматриваемые нами районы относятся к территориям со сложной экономической ситуацией и моноотраслевой структурой производства. Основными направлениями экономики, сложившейся под влиянием природных условий, является сельское хозяйство, главная отрасль которого — животноводство,

специализирующееся на овцеводстве и мясо-молочном скотоводстве. Ведущей отраслью растениеводства является зерновое хозяйство. В Левокумском районе развито садоводство и виноградарство. Промышленность представлена главным образом пищевой отраслью, перерабатывающей местное сельскохозяйственное сырье. Выпуск готовой продукции не ориентирован на внешний рынок. При наличии достаточного количества сельскохозяйственных ресурсов известные бренды пищевых продуктов на исследуемой территории отсутствуют. Маркетинговая политика в районах весьма слабая. Сетевые магазины представлены преимущественно в селе Левокумское, в остальных населенных пунктах преобладают частные местные объекты торговли. В Черноземельском районе есть предприятия нефтяной промышленности, осуществляющие добычу и транспортировку нефти и сопутствующих нефтепродуктов. В Левокумском и Ногайском районах нефтяная промышленность находится в упадке.

Главной и общей особенностью исследуемой территории является разнобразие социальных общностей. Через территорию рассматриваемых районов проходят условные цивилизационные и культурные границы мира. Естественной географической границей между Европой и Азией является Кумо-Манычская впадина, которая, с одной стороны, является границей, а с другой — контактной зоной этносов, культур и религий.

Все это в целом характеризует социально-экономическую отсталость и аграрность региона. Архаичность образа жизни подтверждают результаты социологического опроса.

Респондентами при опросе стали 150 жителей изучаемых районов, различных полов и профессий, возрастом старше 40 лет. Большинство ответивших состоят в зарегистрированном браке, заняты в сельском хозяйстве, сфере образования, здравоохранения, соцобеспечения, управлении. Результаты анкетирования показали, что и в данных районах наблюдается ситуация, схожая с ситуацией в рассмотренных ранее районах. Большая часть респондентов отметила ухудшение своего социально-экономического статуса в результате социально-экономических преобразований. Анкета содержала в себе 22 вопроса из разных социально-экономических блоков, результаты основных из них представлены далее.

В ответах на вопросы, касающиеся семьи, было отмечено, что в Левокумском и Черноземельском районах большинство респондентов считает, что семья — это смысл жизни, а в Ногайском районе 2/3 опрошенных сказали, что это является необходимостью. С началом социально-экономического кризиса 1990-х гг. демографическая ситуация в России ухудшилась. В РСФСР в 1985 г. на одну женщину приходилось ещё 2 ребенка, а к концу 2000-х этот показатель снизился до 1,4 ребенка [12]. Однако в рассматриваемых нами районах снижение числа рождений началось относительно недавно. Так, в Левокумском районе у родителей опрашиваемых было по три (42 %) или по два ребенка (30 %), в Черноземельском

районе — по три (34 %) или по четыре ребенка (26 %), а в Ногайском районе — от пяти (39 %) до восьми детей (26 %). У самих же опрашиваемых во всех трех районах в среднем по двое детей (примерно по 50 %). Однако в Левокумском и Черноземельском районах семьи следующего поколения имеют по одному ребенку (по 26 %), а в Ногайском районе — по трое детей (24 %).

Двадцать лет назад примерно 50 % опрашиваемых могли отнести себя к среднеобеспеченным. Следует отметить, что только в Левокумском районе 4 % людей относили себя к бедным. В настоящее же время ситуация мало изменилась, однако вопрос процент среднебеспеченногонаселения в районах. Нельзя не отметить, что в Черноземельском и Левокумском районах не было респондентов, ответивших, что они относят себя сейчас к богатому слою населения. Количество богатых уменьшилось и в Ногайском районе (с 18 до 6 %), при этом там увеличилось число бедных людей (с 4 до 14 %).

Следует отметить, что в Ногайском и Черноземельском районах большинство ответивших довольны сегодня своей жизнью и верят в то, что со временем она еще улучшится. Но такого нельзя сказать о Левокумском районе, в котором 50 % опрошенных недовольны своей жизнью и считают, что их жизнь со временем останется без изменений. Такой большой процент недовольных условиями жизни в Левокумском районе можно обосновать тем, что в восточных районах Ставропольского края экономический кризис сильнее повлиял на развитие хозяйства, нежели в двух других рассматриваемых районах.

Респонденты отметили, что в их населенных пунктах редко случаются межнациональные конфликты. Однако около половины опрашиваемых ответили, что отношение жителей друг к другу изменилось в худшую сторону. Вероятней всего, это связано с ухудшением социально-экономического положения людей в целом.

В заключение опрашиваемым предложили отметить основные социальные проблемы их района. Во всех районах наибольший процент ответов пришелся на такую проблему, как отток молодежи (50 % — в Ногайском районе, 34 % — в Черноземельском и 28 % — в Левокумском). Также остро стоят проблемы бедности и безработицы. В Ногайском районе никто из респондентов не отметил такие проблемы, как алкоголизм и воровство.

Данные опроса показали, что рассматриваемая нами территория имеет схожие проблемы, хотя изменения, произошедшие за последние 20 лет, несколько отличаются. Так, в Ногайском районе, по результатам опроса, семейные отношения сохранили более крепкие связи, что в целом определяет и ряд других отличий его от двух других районов. Это объясняется более однородным национальным составом территории, а также сложившимся образом жизни в районе.

### Заключение

Несмотря на выявленные социально-экономические различия в районах изучаемой нами периферии, условия проживания в них во многом схожи. Их объединяет удаленность относительно административных центров своих

субъектов, многонациональный состав территории, сельский уклад жизни. Территория районов включает в себя большую площадь, но заселена не густо. Миграционный отток из одних районов влияет и на смену этнического состава населения в других [1]. Основной проблемой в районах является отток молодежи из села, который несколько компенсируется высокими показателями рождаемости.

Следует отметить, что отношение населения районов к сложившейся ситуации характеризуется снижением уровня доверия к властям и недовольством их деятельностью в отношении развития села и решения основных социальных проблем жителей. Ввиду того что несельскохозяйственные виды деятельности на рассматриваемой территории практически отсутствуют, есть все основания полагать, что в ближайшие годы проблема сельской безработицы и бедности не будет решена. Молодые люди не желают жить и работать в селах района, по крайней мере, до тех пор, пока для этого не создадут условия, соответствующие требованиям современной молодежи.

В связи с этим возникает необходимость разработки качественных программ социально-экономического развития районов, а также документов территориального и стратегического планирования. Главной идеей решения экономических проблем в схемах развития территории исследуемых районов является восстановление социально-экономического потенциала, достижение устойчивых темпов экономического роста, превращение территории в конкурентоспособную. Предлагаемые проектные предложения по развитию территории направлены на развитие экономической базы, социальной инфраструктуры, транспорта и связи. Однако отсутствуют конкретные приоритетные направления развития, что мешает решить существующие проблемы. А для реализации запланированных мероприятий не всегда хватает средств. Исходя из этого, сделать районы конкурентоспособными становится значительно сложнее.

Если не обратить на существующие проблемы должного внимания, возникнет угроза потери изучаемой сельской периферии Юга Европейской России, которая обладает значительными земельными ресурсами и высоким демографическим потенциалом. Разработка приоритетных направлений развития и конкурентоспособных проектов позволит районам выйти на качественно новый уровень развития. В современных условиях без развития периферии, под которой всегда подразумевают сельскую местность, наши центры станут периферией мировых центров более высокого уровня [9]. Необходимо обеспечить доступность социальных услуг, которые не должны сворачиваться с сокращением численности населения в сельской местности, особенно в низовых центральных местах и районных центрах. Важнейшей задачей является продвижение в дома и школы районов Интернета и других инноваций, иначе глубина социальных диспропорций между крупными городами и периферией будет усиливаться. Создание необходимых условий для проживания молодежи позволит сократить угрозу дефицита населения, способного работать

в общественном хозяйстве, дает новый импульс развитию сельских периферийных районов.

### *Литература*

1. Белозеров В.С., Чихичин В.В. Глущенко И.В. Региональные особенности этнических миграций на Северном Кавказе // Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета «Наука. Инновации. Технологии» № 1. Ставрополь: СКФУ, 2016. С. 71–92.
2. Грицай О.В., Иоффе Г.В., Трэйвиш А.И. Центр и периферия в региональном развитии. М.: Наука, 1991. С. 168.
3. Денисова Д.Г., Дмитриев А.В., Клименко Л.В. Южно-российская идентичность: факторы и ресурсы. М.: Альфа-М, 2010. С. 176.
4. Дружинин А.Г. Глобальное позиционирование Юга России: факторы, особенности, стратегии: монография. Ростов н/Д: ЮФУ, 2009. 288 с.
5. Зубаревич Н.В. Агломерационный эффект или административный угар? // Проблемы современной экономики. 2007. № 4–5.
6. Иоффе Г.В., Нефедова Т.Г. Центр и периферия в сельском хозяйстве российских регионов // Проблемы прогнозирования. 2001. № 6. С. 100–110.
7. Население // Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/) (дата обращения 25.11.2017).
8. Нефедова Т.Г. Российская периферия как социально-экономический феномен // Региональные исследования. 2008. № 5. С. 14–31.
9. Пациорковский В.В. Модернизация домохозяйств — важнейшая задача инновационного, технологического и демографического развития России // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 7. Ч. I. М.: ИНИОН РАН, 2012. С. 399–404.
10. Родоман Б.Б. Российская внутренняя периферия: взгляд в разных приближениях, на разных уровнях // Российская глубинка — модели и методы изучения: сборник статей. М.: Эслан, 2012. С. 41–48.
11. Савельев Ю.В., Титов А.Ф., Шевчук И.Н., Шишкин А.А. Стратегическое планирование развития периферийных территорий (на примере Республики Карелия) / Карельский научный центр РАН. Петрозаводск: Изд-во «Скандинавия», 2008. 153 с.
12. Щитова Н.А., Белисова К.В. Современная геодемографическая ситуация в сельских периферийных районах Юга Европейской России // Научный журнал Северо-Кавказского федерального университета «Наука. Инновации. Технологии». Ставрополь: СКФУ, 2016. № 2. С. 131–146.

### *Literatura*

1. *Belozerov V.S., Chixichin V.V., Glushhenko I.V. Regional'nye osobennosti etnicheskix migracij na Severnom Kavkaze // Nauchnyj zhurnal Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta «Nauka. Innovacii. Texnologii».* № 1. Stavropol': SKFU, 2016. S. 71–92.
2. *Griczaj O.V., Ioffe G.V., Trejvish A.I. Centr i periferiya v regional'nom razvitiii.* M.: Nauka, 1991. S. 168.
3. *Denisova D.G., Dmitriev A.V., Klimenko L.V. Yuzhno-rossijskaya identichnost': faktory i resursy'.* M.: Al'fa-M, 2010. S. 176.

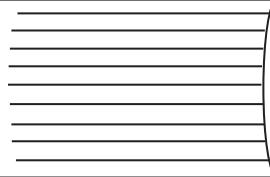
4. *Druzhinin A.G.* Global'noe pozicionirovanie Yuga Rossii: faktory', osobennosti, strategii: monografiya. Rostov n/D: YuFU, 2009. 288 s.
5. *Zubarevich N.V.* Aglomeracionnyj effekt ili administrativnyj ugar? // Problemy' sovremennoj ekonomiki. 2007. № 4–5.
6. *Ioffe G.V., Nefedova T.G.* Centr i periferiya v sel'skom xozyajstve rossijskix regionov // Problemy' prognozirovaniya. 2001. № 6. S. 100–110.
7. Naselenie // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/) (data obrashheniya 25.11.2017).
8. *Nefedova T.G.* Rossijskaya periferiya kak social'no-e'konomicheskij fenomen // Regional'nye issledovaniya. 2008. № 5. S. 14–31.
9. *Paciorkovskij V.V.* Modernizaciya domoxozyajstv — vazhnejshaya zadacha innovacionnogo, texnologicheskogo i demograficheskogo razvitiya Rossii // Rossiya: tendencii i perspektivy' razvitiya. Ezhegodnik. Vy'p. 7. Ch. I. M.: INION RAN, 2012. S. 399–404.
10. *Rodoman B.B.* Rossijskaya vnutrennyaya periferiya: vzglyad v raznyx priblizheniyax, na raznyx urovnyax // Rossijskaya glubinka — modeli i metody' izucheniya: sbornik statej. M.: E'slan, 2012. S. 41–48.
11. *Savel'ev Yu.V., Titov A.F., Shevchuk I.N., Shishkin A.A.* Strategicheskoe planirovanie razvitiya periferijnyx territorij (na primere Respubliki Kareliya) / Karel'skij nauchnyj centr RAN. Petrozavodsk: Izd-vo «Skandinaviya», 2008. 153 s.
12. *Shhitova N.A., Belisova K.V.* Sovremennaya geodemograficheskaya situaciya v sel'skix periferijnyx rajonax Yuga Evropejskoj Rossii // Nauchnyj zhurnal Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta «Nauka. Innovacii. Texnologii». Stavropol': SKFU, 2016. № 2. S. 131–146.

*C.V. Belisova*

**Territorial Features and Dynamics of Development  
of Rural Peripheral Regions of the South of European Russia  
(on the Example of Some Districts of the Stavropol Region,  
the Republics of Dagestan and Kalmykia)**

The article deals with the geographical features of the rural peripheral areas of the south of European Russia. The characteristic of the socio-economic development of the eastern regions of the Stavropol Territory, the northern regions of the Republic of Dagestan and the southeastern regions of Republic of Kalmykia bordering between themselves is given. The results of a poll conducted in key areas of the studied area are presented, the main problems of their development are identified.

*Keywords:* the geographical features; the South of European Russia; periphery; rural area; a sociological survey.



УДК 373.5.016:54

**Н.Н. Никитина,  
П.А. Оржековский**

## Роль химического эксперимента в развитии химии как школьного предмета

В статье раскрывается история развития роли химического эксперимента в становлении химии как школьного предмета. Рассмотрены виды химического эксперимента, такие как демонстрационный опыт, лабораторный опыт и практические занятия. Проанализировано место химического эксперимента в процессе обучения химии и даны рекомендации к его проведению. Также в статье рассмотрены инструкции к лабораторным опытам и практическим занятиям и приведены их примеры из учебников.

*Ключевые слова:* химический эксперимент; практические занятия; демонстрационные опыты; лабораторные опыты; инструкции к химическому эксперименту; исследовательский эксперимент; иллюстративный эксперимент.

**В** процессе становления химии как школьного предмета ученическому эксперименту уделялось большое внимание. Авторы первого учебника по химии — В.Н. Верховский, Я.Л. Гольдфарб, Л.М. Сморгонский — отмечали, что эксперимент является основным методом исследования химических явлений [2]. Интересно, что подразделение школьного химического эксперимента на практические занятия, лабораторные опыты и демонстрационные опыты было произведено еще в начале XX века С.И. Созоновым [7] и сохраняется до сих пор.

Для проведения практических занятий С.И. Созоновым была выпущена книга «Первые работы по химии. Руководство для практических занятий, параллельных элементарному курсу», которая современниками отмечалась как лучшая книга для практических занятий по химии. Однако, например, А.М. Кремлев, указывая на значимость этой книги, отмечает такой ее недостаток: в книге практические занятия даются параллельно общему курсу химии, в то время как в те годы практические занятия проводились в конце изучения курса, а иногда и в следующем учебном году. Таким образом, идея создания практикума для работы с ним в конце года не нова. В своем руководстве

А.М. Кремлев, помимо общеобразовательного значения практических занятий, рассматривал их роль в подготовке к вступительным экзаменам в вуз. Он приводит план составления отчета по каждой работе, сами работы описывают последовательность действий и задания к работе. Например, описание опыта по нейтрализации едкого натра винной кислотой содержит не только последовательность сливания растворов щелочи, индикатора и кислоты, но и вычисление объемов взятых растворов [4].

В 30-х годах П.П. Лебедев составил «Рабочую книгу по химии», в которой также подразделял опыты, которые проделывают все учащиеся, и опыты, которые проделывает учитель. Проведению практического занятия предшествует теоретический материал раздела учебника и самой рабочей книги. В содержание занятия входит тема, приборы и материалы, четкое описание последовательности действий ученика и вопросы к работе и теме. Например, глава первая по теме «Кислоты, основания, соли» перед выполнением первой работы предполагает прочтение соответствующих параграфов, четкую последовательность выполнения опытов и вопросы, ответы на которые можно найти в учебнике. П.П. Лебедев предлагает проводить практические занятия после пройденной темы для закрепления знаний, при этом методика проведения практических занятий должна содержать подробную инструкцию [5].

Интересно, что авторы первого школьного учебника В.Н. Верховский, Я.Л. Гольдфарб, Л.М. Сморгонский в «Методике преподавания химии в средней школе» отмечали, что групповые практические занятия, проводящиеся параллельно курсу, имеют ценность лишь в старших классах и непригодны в средней школе. Авторы объясняли это тем, что учащиеся еще не могут сознательно выполнять опыты по книге, не умеют вчитываться и переходят к практическому выполнению раньше, чем усвоют условия опыта. Ведущим методом на уроке в средней школе считалась беседа, сопровождаемая как опытами учащихся, так и опытами преподавателя. Считалось, что к выполнению опыта после прочитанных самостоятельно указаний и к умению сделать потом из этого эксперимента вывод обучающихся необходимо приучать постепенно и вводить такие практические занятия целесообразно в старшей школе. В инструкциях к опытам указывается, как проделать опыт, и ставятся вопросы. Выводы на основании опыта учащиеся делают сами [2].

В.Н. Верховский подразделял инструкции к практическим занятиям в зависимости от решаемой педагогической задачи на следующие:

1. Учитель сообщает, как проводить опыт, но не говорит о цели опыта, а по окончании эксперимента задает вопросы о полученных результатах.
2. Учитель предлагает проделать опыт с определенной целью, не говоря заранее об определенных результатах.
3. Учитель раскрывает методику проведения опыта, цель опыта и ожидаемый результат.
4. Учитель ставит перед учащимися ряд вопросов, на которые они должны ответить, проделав эксперимент [1].

В середине XX века стали больше уделять внимание эксперименту, проводимому на этапе изучения нового материала. В методике обучения химии Д.М. Кирюшкин и В.С. Полосин подразделяют эксперимент на исследовательский и иллюстративный. Исследовательский эксперимент включает постановку цели, выдвижение учащимися гипотезы, составление плана, конструирование прибора, выполнение опыта, наблюдение, вывод из наблюдений и применение полученных результатов на практике. Однако авторы отмечают, что такая методика проведения эксперимента больше применима на внеурочных занятиях. Сущность же иллюстративной методики эксперимента заключается в том, что учитель сначала сообщает то, что должно произойти, а затем в подтверждение сказанного учащиеся выполняют опыт. Авторы рекомендуют использовать ту или иную методику в зависимости от эксперимента и выбирать различные комбинации данных методов [3].

Что интересно, современник Д.М. Кирюшкина и В.С. Полосина С.Г. Шаповаленко отмечает, что проведение практических занятий на начальном этапе изучения темы бесполезно, и выносит их на этап закрепления материала, так как они необходимы для обобщения, закрепления и конкретизации пройденного. Автор выделяет практические работы, проводимые после одной темы или ряда тем. При этом С.Г. Шаповаленко разделяет практические занятия, когда учащиеся повторяют действия учителя, работая по инструкции, и творческие практические занятия, на которых происходит последовательно введение нового научного уровня, что, по мнению автора, происходит последовательно и способствует развитию учащихся. С.Г. Шаповаленко в «Методике обучения химии» сам эксперимент также продолжает подразделять на исследовательский и иллюстративный. При этом выделяет несколько уровней исследовательского эксперимента. Наиболее простым уровнем является наблюдение учащихся за действиями учителя: подготовкой к эксперименту, исходными веществами, конструированием прибора, проведением опыта. Затем под руководством учителя школьники анализируют наблюдения и делают выводы. Более сложным уровнем школьного химического эксперимента является эксперимент, который разрабатывают сами учащиеся. Учитель ставит цель предстоящего эксперимента, учащиеся продумывают, как провести эксперимент в зависимости от цели. Под руководством учителя учащиеся выбирают вещества, прибор для проведения опыта, определяют последовательность выполнения. По составленному плану учащиеся проводят опыты, наблюдают и делают выводы. Наиболее сложной формой является эксперимент, которому предшествует разработка гипотезы и объяснение ее. Например, при поставленной цели получить какое-либо вещество, учитель предлагает учащимся высказать предположения о способе получения этого вещества, провести расчет, записать уравнение реакции, сделать выводы о конструкции прибора и провести эксперимент. Выводом служит суждение о правильности проведения эксперимента и подтверждение или опровержение гипотезы [9].

Аналогичной точки зрения придерживался Г.И. Шелинский, которую он реализует в своем учебнике для 8 класса. Например, при рассмотрении темы «Кислоты» в содержание параграфов автор включает план выполнения лабораторных опытов, например, по взаимодействию кислот с солями и т. д., а в конце темы предлагается проведение практического занятия по теме «Реакция нейтрализации» [10].

В конце 80-х годов Т.С. Назарова, А.А. Грабецкий, В.Н. Лаврова в книге «Химический эксперимент в школе» также придерживаются подразделения школьного эксперимента в зависимости от деятельности учителя и учащихся на демонстрационный, лабораторный и практикум. Демонстрационный эксперимент, по мнению авторов, необходим в тех случаях, когда изучаемые объекты опасны или сложны и не могут быть использованы для самостоятельной работы. Ученический эксперимент составляют фронтальные или групповые лабораторные опыты, которые учащиеся проделывают на этапах изучения, совершенствования или проверки нового материала. Также авторы выделяют решение экспериментальных задач по вариантам после изучения отдельных тем программы и как наиболее перспективную форму практикум, проводимый после завершения всего курса химии. Т.С. Назарова, А.А. Грабецкий, В.Н. Лаврова подчеркивают, что эффективность любого эксперимента зависит от постановки цели, планирования и наблюдения, а также умения делать выводы на основании наблюдений [6].

В эти же годы стало популярным проводить эксперименты с малыми количествами реагентов, это подробно описано в книге И.Н. Черткова и П.Н. Жукова. Авторы указывают на ряд преимуществ, таких как возможность проведения опытов не только при изложении нового материала, но и при закреплении и обобщении знаний, так как самостоятельное выполнение опытов учащимися положительно скажется на развитии самостоятельности и практических умений. Также при этом экономится время, которое можно потратить на расчетные задачи и примеры. Авторы рекомендуют на начальном этапе изучения химии записывать краткое описание опыта под диктовку. Например, практическая работа по химии на тему «Взаимодействие металлов с растворами солей» включает в себя только уравнения и признаки реакций. Таким образом, каждый эксперимент сопровождается четким описанием для скорости выполнения опыта, что не приводит к увеличению познавательной активности учащихся [8].

Обобщая сказанное о становлении химического эксперимента, можно сделать несколько выводов. С самого начала химический эксперимент был разделен С.И. Созоновым на демонстрационные опыты, лабораторные опыты и практические занятия. Такого подразделения придерживались авторы на всем пути становления химии как школьного предмета, его используют до сих пор. Практические занятия в основном проводились на этапе совершенствования знаний. Это связано с тем, что, по мнению авторов, эксперимент необходим для иллюстрации и закрепления пройденного материала. Также выделялся

и исследовательский аспект химического эксперимента, однако такой вид занятия возможен только на старшей ступени изучения предмета или на внеурочных занятиях. Инструкции же к лабораторным опытам или практическим занятиям носят репродуктивный характер и подчиняются описанию четкой последовательности действий.

### *Литература*

1. *Верховский В.Н.* Техника и методика химического эксперимента в школе: пособие для преподавателей и студентов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Учпедгиз, 1953. 488 с.
2. *Верховский В.Н., Гольдфарб Я.Л., Сморгонский Л.М.* Методика преподавания химии в средней школе: пособие к стабильному учебнику (для препод.): утв. Наркомпросом РСФСР. 2-е изд., перераб. М.; Л.: Учпедгиз, 1936. 376 с.
3. *Кирюшин Д.М., Полосин В.С.* Методика обучения химии: учеб. пособие для пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1970. 495 с.
4. *Кремлев А.М.* Руководство для практических занятий по химии. С-Пб.: скл. изд. у авт., 1910. 16 с.
5. *Лебедев П.П.* Рабочая книга по химии. Круг 2. 7 год обучения. М. – Л., 1929. 120 с.
6. *Назарова Т.С., Грабецкий А.А., Лаврова В.Н.* Химический эксперимент в школе. М.: Просвещение, 1987. 294 с.
7. *Созонов С.И., Верховский В.Н.* Учебник химии: курс сред. шк. Петроград: т-во И.Д. Сытина, 1915. 218 с.
8. *Чертов И.Н., Жуков П.Н.* Химический эксперимент с малыми количествами реактивов: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1989. 190 с.
9. *Шаповаленко С.Г., Глориозов П.А.* Методика преподавания химии в семилетней школе. М.; Л.: изд. и тип. Изд-ва Акад. пед. наук РСФСР в М., 1948. 296 с.
10. *Шелинский Г.И., Рабинович В.А.* Химия: учебник для восьмого класса. М.: Учпедгиз, 1962. 216 с.

### *Literatura*

1. *Verxovskij V.N.* Texnika i metodika ximicheskogo eksperimenta v shkole: posobie dlya prepodavatelej i studentov. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Uchpedgiz, 1953. 488 s.
2. *Verxovskij V.N., Gol'dfarb Ya.L., Smorgonskij L.M.* Metodika prepodavaniya ximii v srednej shkole: posobie k stabil'nomu uchebniku (dlya prepod.): utv. Narkomprosom RSFSR. 2-e izd., pererab. M.; L.: Uchpedgiz, 1936. 376 s.
3. *Kiryushkin D.M., Polosin V.S.* Metodika obucheniya ximii: ucheb. posobie dlya ped. in-tov. M.: Prosveshhenie, 1970. 495 s.
4. *Kremlev A.M.* Rukovodstvo dlya prakticheskix zanyatij po ximii. S-Pb.: skl. izd. u avt., 1910. 16 s.
5. *Lebedev P.P.* Rabochaya kniga po ximii. Krug 2. 7 god obucheniya. M. – L., 1929. 120 s.
6. *Nazarova T.S., Grabeczkij A.A., Lavrova V.N.* Ximicheskij eksperiment v shkole. M.: Prosveshhenie, 1987. 294 s.
7. *Sozonov S.I., Verxovskij V.N.* Uchebnik ximii: kurs sred. shk. Petrograd: t-vo I.D. Sy'tina, 1915. 218 s.

8. *Chertkov I.N., Zhukov P.N.* Ximicheskij e'ksperiment s maly'mi kolichestvami reaktivov: kn. dlya uchitelya. M.: Prosveshhenie, 1989. 190 s.

9. *Shapovalenko S.G., Gloriozov P.A.* Metodika prepodavaniya ximii v semiletnej shkole. M.; L.: izd. i tip. Izd-va Akad. ped. nauk RSFSR v M., 1948. 296 s.

10. *Shelinskij G.I., Rabinovich V.A.* Ximiya: uchebnik dlya vos'mogo klassa. M.: Uchpedgiz, 1962. 216 s.

*N.N. Nikitina,  
P.A. Orzekovskiy*

### **The Role of Chemical Experiment in the Development of Chemistry as a School Subject**

The article reveals the development of the role of chemical experiment in the genesis of chemistry as a school subject. The types of chemical experiment such as the demo experience, laboratory experience and practical practical lessons have been studied. The place of chemical experiment in teaching chemistry have been analysed. The recommendations for its implementation have been given. The instructions to laboratory experiments and practical lessons also have been studied and their examples from the textbooks have been provided.

*Keywords:* chemistry experiment; practical lesson; demonstration experiments; laboratory experiments; the instructions for the chemistry experiment; a research experiment; an illustrative experiment.

Д.Л. Лопатников

## Концептуальные подходы к изучению мирового хозяйства в школьном курсе географии

В статье рассматриваются основные концептуальные подходы к изучению географии мирового хозяйства в школьном курсе географии. Даётся авторское определение мирового хозяйства эпохи глобализации. Анализируется место ключевых акторов мировой экономики в мирохозяйственной жизни. Особый акцент сделан на процессы в мировом хозяйстве, которые приводят к глубокой трансформации его отраслевой и территориальной структур.

*Ключевые слова:* мировое хозяйство; модернизация; постиндустриализация; транснационализация; экологизация.

В обязательном минимуме основных образовательных программ по географии в соответствии со стандартом среднего общего образования твердо закрепился раздел «География мирового хозяйства». Есть он теперь и в большинстве учебников по географии для 10–11 классов, что можно приветствовать. По окончании средней школы выпускники должны иметь представление о том, что такое современное мировое хозяйство. Без этого «зависают» такие широко используемые в современном информационном поле понятия, как «глобализация» и «антиглобализм», «либеральная доктрина» и «протекционизм», «санкции» и «антисанкции» и др. Без научного, компетентного видения мирохозяйственного устройства невозможно даже пытаться оценивать место нашей страны в мировой экономической системе, не говоря уж об участии в непростых, но злободневных и нужных дискуссиях о ее будущем на карте мира.

Однако при всей значимости данной темы видение современного мирового хозяйства как у маститых авторов учебников, так и учителей географии очень вариативно, если не сказать туманно или размыто. А учителю нужно преподносить школьникам материал ясно и по возможности немудрено. Откуда этот туман? Тому несколько причин.

Во-первых, это относительно новый раздел в школьной программе, как обязательный он твердо закрепился только в последнее десятилетие. Во-вторых, даже в научной литературе, как зарубежной, так и отечественной, нет единой трактовки этого феномена. В-третьих, большое влияние на эти трактовки неизбежно оказывает политическая ориентация авторов: правая, левая, либеральная или антилиберальная, что находит отражение в определениях и толкованиях. Это влияние усиливается по мере обострения геополитических и геоэкономических отношений между Россией и странами Запада санкционной войной.

Тем не менее, несмотря на все указанные проблемы, выпускнику нужно получить общее, максимально научно грамотное представление о современном мировом хозяйстве. Данная статья — авторская попытка прояснить ряд принципиальных позиций по этой непростой тематике.

### Понятие мирового хозяйства

В иностранных, прежде всего англоязычных источниках для обозначения понятия «мировое хозяйство» используется термин *world economy* — «мировая экономика». В русскоязычной научной и учебной литературе существуют различные определения мировой экономики и трактовки близких к нему понятий, таких как «глобальная экономика», «международные экономические отношения», «внешнеэкономическая деятельность». Кроме того, понятия «мировая экономика» и «мировое хозяйство» не всеми трактуются как синонимы. Существует целый ряд определений как мировой экономики (см., например, учебники «Мировая экономика» под ред. А.С. Булатова, В.К. Ламакина и др. [11; 8]), так и мирового хозяйства [12]. Поэтому, прежде всего, нужно внести ясность в базовый понятийный аппарат.

Следует различать мировую экономику как область знания и как объективную реальность. В первом случае мировая экономика — наука (раздел экономики как науки), изучающая мировую экономику как реальность. У этой науки есть солидный теоретический багаж, краеугольный камень которого заложил в XVIII в. великий Адам Смит. Во втором случае мировая экономика — объективная реальность. Можно встретить разные подходы к определению данного понятия. В зарубежной литературе наиболее распространены два варианта. В широком смысле мировая экономика — это экономическая система, включающая в себя всю хозяйственную жизнь на планете, как международную, так и внутреннюю (внутристрановую). В узком смысле — это система только международных хозяйственных связей. Если исходить из первой трактовки понятия «мировая экономика», то, например, производство риса и внутренняя торговля им в Китае рассматриваются как элементы мировой экономики. А при второй трактовке — нет. К мировой экономике в узком смысле относят только трансграничные хозяйственные процессы. В случае с Китаем это, к примеру, экспорт текстиля или электротехники.

В рамках экономико-географических исследований, по мнению автора, правильно называть мировую экономику (как объективную реальность) мировым хозяйством. В отечественной литературе наиболее распространено представление о мировом хозяйстве как совокупности национальных экономик, участвующих в международном разделении труда и объединенных системой международных экономических отношений. В целом, по мнению автора, это традиционалистское видение мирового хозяйства верно, но в нем не нашли отражения те качественные изменения в его устройстве, которые привнесла пресловутая глобализация. Среди них главными являются следующие. Во-первых, мировое хозяйство эпохи глобализации (глобальная экономика,

всемирное хозяйство) — это не просто совокупность национальных экономик, а единый и очень сложно устроенный панпланетарный экономический организм. Во-вторых, глобализация породила новых субъектов мирохозяйственных связей, по своему весу не менее значимых, чем государства. Это, прежде всего, интеграционные группировки стран, транснациональные компании и международные экономические организации. В своих лекциях и на уроках в школе автор опирается на следующее определение.

*Современное мировое хозяйство* — это единая планетарная эволюционирующая экономико-географическая система, главными авторами которой выступают страны, связывающие их интеграционные группировки, транснациональные компании и международные экономические организации.

Это определение адекватно эпохе глобализации. Это значит, что непростые и, по всей видимости, обостряющиеся внутренние противоречия нашего времени с большой вероятностью внесут свои корректизы. И если мир вступит в период кризиса глобального геополитического и геоэкономического мироустройства, новая модель мирового хозяйства, безусловно, будет другой.

### **Периодизация развития мирового хозяйства**

Существуют различные точки зрения, с какого времени нужно говорить о мировом хозяйстве как явлении. Если исходить из того, что слово «мировое» отражает не определенное качество хозяйства, а его пространственный охват, то отсчет времени следует вести от эпохи Великих географических открытий. С другой стороны, многие подходы к организации хозяйственной жизни, которые получили планетарное распространение с этого времени, зародились и активно использовались до начала истории мирового хозяйства.

Предыстория мирового хозяйства охватывает длительный период от первых очаговых цивилизаций до «закрытия» Ойкумены европейцами. Принципиально важны для дальнейшего понимания истории мирового хозяйства ряд базовых черт экономико-географического поведения народов в те далекие времена.

Первая черта заключалась в том, что одной из древнейших форм экономической жизни была международная (межгосударственная) торговля. Вспомним, например, знаменитый Великий шёлковый путь, проложенный между Южной Европой, Юго-Западной Азией и Китаем более двух тысяч лет назад.

Вторая, принципиально важная черта, состоит в том, что опыт наиболее успешных стран и цивилизаций древности показывает, что одной из первооснов их процветания стала пространственная экспансия, расширение «жизненного пространства» (по Ф. Рацелю). Наиболее ярко это иллюстрируют великие античные цивилизации: Древняя Греция и Древний Рим. Поистине грандиозным для своего времени был пространственный размах Великой монгольской империи (XIII в.).

Пространства активных и разносторонних экономических связей на карте мира до формирования единого мирового хозяйства французский историк и социолог Ф. Бродель очень удачно назвал мирами-экономиками. Именно эти

миры-экономики стали зародышем панпланетарной экономической системы [1]. В географических пределах миров-экономик в процессе углубления региональной торговли закладывался фундамент международного разделения труда (МРТ). Именно МРТ впоследствии легло в основу формирования мирохозяйственной системы.

Эпоха Великих географических открытий во многом повторяла опыт пространственно активных цивилизаций древности на новом этапе технического прогресса. Примечательно, что это время получило название Ренессанса, или Возрождения. Культ античности в Европе того времени был далеко не только культурно-гуманитарным феноменом, как иногда представляется при взгляде на великие творения Микеланджело или при чтении новеллы Дж. Боккаччо. Неменьший интерес представлял опыт хозяйственной политики и тесно связанной с ней geopolитики древности. В их основе было «расширение жизненного пространства», а если говорить о конкретном опыте — территориальная экспансия морским путем.

Первый исторический этап эволюции мирового хозяйства был этапом грандиозной экспансии европейских стран, завершившейся разделом мира и формированием первой пространственной модели мирохозяйственной организации — «Европейская метрополия — колониальная Периферия». Эта модель доминировала вплоть до начала XX в.

Экономической основой пространственной организации мирового хозяйства в этот период стала эксплуатация ресурсов колоний странами мировой метрополии. Примечательно, что социально-экономическая эффективность в разных колониальных империях существенно отличалась. Например, опыт Португальской империи оказался куда менее эффективным, чем Британской, причем как для метрополии, так и для большинства колоний. Об опыте Британской империи стоит сказать отдельно. Британская империя базировалась на относительно более грамотном экономическом поведении англичан в отличие от других европейцев. Одно из главных различий — ставка не на одноразовый грабеж или поиски «эльдорадо», а на долгосрочные инвестиции в свои колонии и торговлю. В первой половине XIX в. британский торговый флот насчитывал более 20 тыс. судов — больше половины всего мирового торгового флота того времени [20].

К концу XIX в. на мировой экономической карте стали все отчетливее проявляться первичные признаки трансформации мировой экономической системы в глобальную. Опережающими темпами росли объемы международной торговли, мировой размах приобрела биржевая деятельность. Достижения научно-технического прогресса кардинально изменили «информационное поле» хозяйственной деятельности. Началось масштабное инвестирование в колонии и между странами-метрополиями [18].

Тем не менее «ранняя глобализация» конца XIX – начала XX вв. была прервана деструкцией мирового хозяйства в первой половине XX в. Одной из причин системного кризиса мирохозяйственного устройства того времени стало обострение межимперских экономических и geopolитических отношений. Этап деструкции

мирового хозяйства в период двух грандиозных мировых войн привел к крушению старого мира, и в частности мирохозяйственного порядка. Закончился европейскийmonoцентризм, на смену которому пришел Pax Americana. Посыпалась колониальная система. Мир раскололся на две антагонистические социально-экономические системы: капиталистическую и социалистическую.

Вторая половина ушедшего столетия стала временем формирования современной модели мирохозяйственного устройства. Мировое хозяйство эпохи глобализации имеет ряд важных географических черт. Сформировалась новая центро-периферическая модель пространственной организации мирового хозяйства. Оформились три «ядра» центра — США, Европейский союз и Япония. Доминирующее положение в мировом хозяйстве большую часть XX в. и первые десятилетия нынешнего века удерживали Соединенные Штаты.

Особое место в мировом хозяйстве после Второй мировой войны занимала сформировавшаяся мировая социалистическая система. Это был особый мир-экономика, живущий по экономическим правилам, по многим базовым параметрам качественно отличавшийся от тех, по которым жила мировая капиталистическая система. Конкурентная борьба двух антагонистических геополитических и геоэкономических миров была мощным стимулом развития обеих систем. Но конечным результатом стал тот исторический факт, что мейнстрим развития глобальной экономики определил мир капитала.

Геополитическое противостояние и экономическое соревнование двух систем, прежде всего в лице СССР и США, в конце XX в. закончилось поражением социализма. Распад мировой системы социализма стал важным этапом трансформации мирового хозяйства в глобальное, привел к реинтеграции в мировом хозяйстве России, революционной смене экономического курса Китая в сторону открытости, интеграции большинства стран Центральной и Восточной Европы в Европейский союз.

Мировая система социализма в конце ушедшего века прекратила свое существование (фактическая реставрация капитализма в бывших социалистических странах получила название рыночных реформ), что, по сути, означало победу капиталистического пути развития на данном историческом этапе. Формальное сохранение Китаем статуса социалистической страны, по сути, ничего не меняет, так как де-факто Китай не только отказался от базовых постулатов марксистско-ленинской экономической доктрины [6], но и в последнее десятилетие стал одним из главных проводников идей либерального глобализма (см.: [25]).

Впечатляющие социально-экономические преобразования постмодернистского Китая не только стали грандиозным успехом китайских структурных экономических реформ, но и выступили главным фактором качественной трансформации всей пространственной организации мирового хозяйства Китая. Выход КНР на первое место в мире по ВВП (по ППС), а также на мировое лидерство по производству и экспорту огромной и непрерывно расширяющейся номенклатуры товаров и услуг, уже сделал центро-периферическую модель мирохозяйственного устройства, сложившуюся во второй половине

прошлого века, устаревшей. Новая модель пространственной организации мирового хозяйства еще только начинает формироваться. Но процесс налицо. Согласно одной из версий, на смену «атлантическому (западному) веку» идет «тихоокеанский век». Много пишется и о перспективах нового Евразийского геоэкономического пространства, особенно в свете масштабного проекта «Один пояс — один путь». Все эти тренды неизбежно отражаются и на переосмыслении приоритетов стратегического развития России как крупнейшей по площади территории и богатейшей природными ресурсами евроазиатской страны.

### Цикличность мирохозяйственного развития

Наряду с ретроспективно-историческими этапами эволюции мирового хозяйства наблюдается выраженная цикличность в его развитии. В эволюции мирового хозяйства прослеживаются долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные экономические циклы. Природа циклично-волнового экономического развития анализировалась в трудах К. Жугляра, С. Кузнецова, Н.Д. Кондратьева, Й. Шумпетера и др. (подробнее см.: [12]). В конкретных исторических условиях содержание и общая картина экономического цикла существенно меняются.

Цена эволюции мирового хозяйства через созидательные системные кризисы может быть очень высокой и далеко выходить за рамки экономических параметров. Следует напомнить, что Великая депрессия стала одним из главных мирохозяйственных факторов глубочайшего экономического кризиса в Германии, в период которого через беззастенчивый популизм проложил дорогу к власти национал-социализм (1933 г.).

Во второй половине XX в. наблюдалось уменьшение амплитуд колебаний экономических циклов (фазы спада стали короче, фазы подъема — продолжительнее, удалось избежать депрессий). Уменьшился диапазон колебаний объемов производства и уровней занятости. Таким был, например, кризис 1998 г. Экономический кризис 2008–2009 гг. подтверждает цикличность мирохозяйственного развития. Развитие и исход первого мирохозяйственного кризиса XXI века уже стал предметом разностороннего, в частности, экономико-географического анализа.

### Субъекты глобальной экономики

Вспомним определение мирового хозяйства (см. выше). В нем перечислены главные акторы — субъекты мирового хозяйства: страны, интеграционные группировки, транснациональные компании, международные экономические организации. В широком смысле субъектами мирового хозяйства можно считать всех участников экономической жизни на планете, даже физических лиц. Обычный российский или американский обыватель, покупая бутылку кока-колы, разлитую в Москве, и садясь за руль «Хонды», собранной в Турции, — один из «нано-участников» повседневной мирохозяйственной жизни. А экономическое поведение миллиардов таких обывателей на Земле — один из решающих факторов тренда общего мирохозяйственного развития.

До середины прошлого столетия главенствующие позиции в планетарной хозяйственной жизни занимали государства. Поэтому, как отмечалось, до сих пор мировое хозяйство многими трактуется как совокупность национальных хозяйств, связанных между собой системой международных экономических отношений. С приходом глобализации все существенно усложнилось. Появились не менее сильные игроки на мировой хозяйственной арене.

Прежде всего, это экономические объединения стран (интеграционные группировки). Среди них: Европейский союз (ЕС), Североамериканская зона свободной торговли (НАФТА), Южноамериканский общий рынок (МЕРКОСУР), Ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН), Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество (АТЭС) и др. Существуют различные формы хозяйственной интеграции стран: зона свободной торговли, таможенный союз, общий рынок, валютный и экономический союз. По мере углубления интеграции усиливается вес межгосударственных хозяйственных отношений в рамках интеграционных группировок, что в итоге может привести к уходу национальных хозяйств на второй план. Так произошло с Европейским союзом. Поэтапное углубление экономической интеграции на основе идеологии либерализма в зарубежной Европе привело к отказу от национальных валют — исторически главного атрибута экономической субъектности государства. Общеевропейская валюта евро кардинально изменила положение отдельных стран — членов Еврозоны в мировом хозяйстве. ЕС стал полноценным субъектом мирохозяйственных отношений, в котором отдельные страны имеют вес, сопоставимый с весом отдельных штатов США. По общему ВВП (по ППС) ЕС входит в тройку мировых лидеров наряду с Китаем и США.

Конечно, процессы интеграции многоплановы, нелинейны и зачастую противоречивы. Об экономически целесообразных «пределах интеграции» писал почти четверть века назад Б.Н. Зимин [5]. Сегодняшняя непростая ситуация в Евросоюзе после Брексита, туманные перспективы его дальнейшего пространственного расширения и угрозы усиления дезинтеграционных процессов внутри ЕС подтверждают пророческую правоту Б.Н. Зимина. Однако, по мнению автора, вряд ли стоит пока писать реквием по несбывшейся много вековой мечте об «общеевропейском доме». При всех проблемах, порой драматичных, ода «К радости» Бетховена продолжает звучать как гимн Единой Европы в 27 странах.

Существенные корректизы в традиционалистские представления об устройстве мирового хозяйства вносят транснациональные компании (ТНК). Они выступают проводниками новой модели международного разделения труда. Именно транснациональным компаниям обязаны своими «чудесами» страны новой индустриализации, например страны Юго-Восточной Азии. ТНК — локомотив китайского экономического чуда, что наиболее ярко проявилось в знаменитых китайских СЭЗах. О мотивах, масштабах, движущих силах транснационализации мирового хозяйства с самыми разными оценками этого процесса авторами,

в частности географами, написаны сотни книг и статей. Штаб-квартиры большинства ТНК находятся в ЕС, США и Японии. Быстро растет число китайских ТНК. Если посмотреть мировую макроэкономическую статистику, то она свидетельствует о том, что сегодня десятки ТНК по своему экономическому весу пре-восходят большую половину стран мира [1]. К практически полностью транснационализированным отраслям мирового хозяйства сегодня можно отнести химическую промышленность, автомобилестроение, приборостроение, телекоммуникации.

Увеличение экономического веса и, как результат, усиление политического влияния ТНК на мировой арене вызывают неоднозначные оценки. Одни видят в этом позитивные проявления интернационализации современной цивилизации, другие (прежде всего, антиглобалисты) — угрозу для государств, особенно менее развитых, подчинение их внешнегосударственным интересам так называемой мировой закулисы.

После Второй мировой войны в период восстановления расстроенных международных экономических отношений был создан ряд международных экономических организаций, призванных регулировать дальнейшее мирохозяйственное развитие с целью не допустить в будущем повторения экономических и geopolитических потрясений первой половины XX в. Во второй половине ушедшего века такими влиятельными организациями стали: Всемирная торговая организация (с 1947 по 1995 г. — «Генеральное соглашение по тарифам и торговле», ГАТТ), Всемирный банк и его подразделения — Международный валютный фонд, Международный банк реконструкции и развития. Появились отраслевые международные организации, как, например, ОПЕК. Названные международные экономические организации оказали в послевоенный период и продолжают оказывать существенное влияние на мирохозяйственную жизнь, хотя оценки их роли, как и в случае с транснациональными компаниями, различны.

Одно из показательных отражений той значимости, которую имеют в мировой хозяйственной жизни международные экономические организации, — многолетняя эпопея вступления нашей страны в ВТО (Россия — член ВТО с 2012 г.). Плюсы и минусы ее членства в этой организации до сих пор остаются предметом острых дискуссий, обычно между сторонниками либерализма и протекционизма. Не углубляясь в данную полемику, нужно признать: членами ВТО являются подавляющее большинство стран мира (161 страна, плюс Сянган, Тайвань и ЕС). Главная цель организации — всемерная либерализация международной торговли как одно из важнейших условий поступательного развития глобального хозяйства. Ее влияние и впечатляющие достижения в этой сфере не вызывают сомнения. Например, вступление Китая в ВТО в 2001 г. стало одним из важнейших факторов превращения его в мировой «индустриальный цех» и стремительной экспансии на мировые рынки. В странах, не столь успешных в своем развитии, оценки деятельности ВТО далеко не однозначно позитивные. Ее деятельность в последние десятилетия

подвергается немалой критике, и прежде всего со стороны антиглобалистов, и в частности в России.

### **Ключевые процессы в развитии мирового хозяйства**

Среди важнейших процессов в мировом хозяйстве эпохи глобализации можно выделить следующие: модернизация, либерализация, постиндустриализация, экологизация.

#### *Модернизация*

Модернизация мирового хозяйства — непрерывный процесс, своеобразный «перpetуум мобиле» и неотъемлемая составляющая научно-технического прогресса. В целом она идет по общим законам того, что называется прогрессом, и подразумевает количественный и качественный рост масштабов мирового хозяйства. Если говорить о количественных характеристиках, то масштабы мирового хозяйства, измеряемые, прежде всего, общим объемом мирового валового продукта, непрерывно, растут. Волнообразно, наперекор кризисам, иногда масштабнейшим, но растут. Сегодня мировое ВВП оценивается примерно в 90 трлн долл. (2016 г.). Средние темпы роста последние десятилетия колебались вокруг цифры в 3 %, что относительно названной цифры мирового ВВП очень много. Номенклатура товаров и услуг, циркулирующих в мировой экономической системе, увеличивается еще более быстрыми темпами.

Не менее впечатляют качественные изменения мирохозяйственного устройства. Его формы непрерывно усложняются. Современные мирохозяйственные связи представляют собой сложнейшую систему взаимозависимых субъектов (акторов), взаимодействующих между собой по самым разным правилам, которые на порядки многообразнее и гибче, чем было еще 20–30 лет назад. Главный вклад в трансформацию мирового хозяйства внесли такие «тектонические сдвиги», как смена технологических укладов, переход от экономики масштаба к экономике многообразия, от фордизма к постфордизму, постиндустриализация и связанный с ней переход к экономике знаний, формирование информационного общества.

#### *Либерализация*

Термин «либерализация» происходит латинского от *liberalis* — «свободный» (англ. *liberalisation*). Суть экономической либерализации состоит в ослаблении или отмене государственного контроля над экономической деятельностью и ее параметрами (ценами, заработной платой, обменным курсом и др.). В рамках мирохозяйственных связей она проявляется в ослаблении или отмене ограничений на ведение внешнеэкономической деятельности, установленных соответствующими государственными органами стран.

Во второй половине XX в. либерализация мирового хозяйства стала одной из главных движущих сил глобализации. Она приводит к высвобождению бизнеса, в частности, международного, от чрезмерного государственного

регулирования, в целом способствует более эффективному использованию ресурсов, усилинию конкуренции на мировых рынках и, как следствие, их более динамичному развитию. Локомотивом либерализации выступает Всемирная торговая организация.

Отношение к либерализации выходит за рамки оценки эффективности экономических технологий — это еще вопрос политический. Традиционно правые политические взгляды более либеральны, для левых характерны антиглобалистские взгляды. Сейчас все больше звучит голосов как политиков, так и экономистов-экспертов, оценивающих происходящие в последние годы процессы в мировом хозяйстве как «закат глобализма» и «конец глобальной эпохи». Один из выраженных симптомов — обращение к протекционизму пока еще ведущей экономики мира — США. Это касается и провозглашенного стремления достичь к 2025 г. энергетической независимости, и сохранения мирового лидерства в сфере инновационных (ИКТ, двойных и др.) технологий, и сдерживания их свободного распространения, в частности с использованием санкций.

Вместе с тем страна, которая делает ставку на продолжение процесса либерализации глобальной экономики, — Китай. Китайское руководство, уверенное в конкурентных преимуществах огромного спектра китайских товаров на мировых рынках, открыто выступает против протекционизма вообще и американского в частности [26]. Учитывая все возрастающий вес Китая в мировом хозяйстве и его претензии на более активное участие в глобальном управлении, говорить о закате эпохи глобализма, думаю, преждевременно.

### ***Постиндустриализация***

Главный теоретик постиндустриализма Д. Белл не выделял одного главного признака постиндустриального общества — ведущей роли третичного сектора. В отечественной литературе его называют очень по-разному: «сфера услуг», «нематериальная сфера», «сервис», «третичный (плюс четвертичный) секторы экономики», «сфера нематериального производства». Как экономическая категория, услуги, в отличие от материализованных товаров, несвязаны. Но в системе рыночных товарно-денежных отношений различия между материальными благами и услугами не имеют принципиального значения. Услуги — нематериальные блага [21: с. 450]. Нематериальные блага также продаются и покупаются, как и материальные, следовательно, они товары. Сервис — это производство услуг, или нематериальное производство. Хозяйственная жизнь включает производство материальных и нематериальных товаров (услуг).

Главное отличие постиндустриального хозяйства от индустриального состоит в том, что в нем интеллект не только обслуживает потребности материального производства, но и в равной степени материальное производство становится сферой обслуживания стремительно растущих отраслей нематериальной сферы — главной производительной силы нового общества.

В отношении стран мира понятие «постиндустриальные» стало, по сути, синонимом понятия «развитые» при оценке общего уровня экономики,

благосостояния их жителей. Статистика конца XX в. говорит о том, что в подавляющем большинстве развитых стран доля третичного сектора в ВВП в конце 1980-х гг. превысила 50 %. В 2010-х г. доля нематериального производства в мировом валовом продукте составляла 2/3.

При переходе мирового хозяйства к постиндустриальному типу заканчивается время приоритета материального производства для хозяйственного развития и для удовлетворения потребностей человечества. Постиндустриализм в широком философском смысле означает отказ от подобного видения общественного развития.

Постиндустриальные процессы выступают мощным фактором трансформации пространственной организации мирового хозяйства. Формируется новая модель географического разделения труда. Постиндустриальная модель географического разделения труда — новый этап развития пространственной организации хозяйства и общества на всех уровнях территориальной иерархии. Главный сдвиг, произошедший на карте мира с приходом постиндустриального времени, состоит в том, что на смену устоявшейся в прошлом веке типологии стран: «развитые (богатые) индустриальные страны — промышленно менее развитые (в худшем варианте — «аграрные») бедные развивающиеся страны» приходит новая типология: «развитые (богатые) постиндустриальные страны — менее развитые индустриальные (среднего достатка) и аграрные (бедные) страны».

В процессе постиндустриализации мирового хозяйства эпицентр массово-го промышленного производства сместился из развитых стран в развивающиеся. Масштабная индустриализация стран третьего мира — один из наиболее значимых сдвигов на экономической карте мира последних десятилетий. Новая волна индустриализации стала основой догоняющего развития в прошлом экономически отсталых государств (Новые индустриальные страны, НИС). Вместе с этим она сделала устоявшееся в прошлом веке понятие «индустриально развитая страна» устаревшим. Стремительный рост промышленного производства в Китае, Индии, странах Юго-Восточной Азии и Латинской Америки позволил перейти жителям этих стран и регионов на качественно более высокий уровень жизни. При наличии острых социально-экономических проблем здесь в целом решена продовольственная проблема, увеличиваются средние реальные доходы населения, опережающими темпами растут масштабы потребительского рынка. Тем не менее в большинстве из них общий уровень благосостояния населения ниже, чем в развитых странах постиндустриального типа.

### **Экологизация**

Одним из важных факторов трансформации пространственной организации мирового хозяйства в последние десятилетия стала экологизация. Под экологизацией понимается экологическое оздоровление хозяйства и жизни людей при наличии социального заказа на это оздоровление, финансовых, научно-технических и других возможностей для его удовлетворения.

В начале XXI в. экологические характеристики стали важной и обязательной составляющей оценки эффективности хозяйства и качества жизни в той или иной стране или регионе мира.

Набирающие обороты экопозитивные процессы, происходящие в развитых странах, означают начало нового цикла в развитии отношений между человеком и природой. В этих странах растет массовый социальный заказ на «экологию» со стороны относительно благополучного обывателя, прежде всего представителей так называемого среднего класса. С другой стороны, формируется новая модель экономики, которая работает на удовлетворение растущего спроса. Так как речь идет о странах, до последнего времени экологически наиболее неблагополучных, чье грандиозное хозяйство представляло и все еще представляет экологическую угрозу для мира, подобный тренд особенно важен.

Анализ современной экологической статистики государств полупериферии и периферии мирового хозяйства позволяет сделать вывод о том, что в начале нынешнего века произошло смещение эпицентра экологического неблагополучия из центра мировой экономики на ее полупериферию. Это в обозримом будущем может спровоцировать новую волну обострения экологических проблем в мире по мере роста индустриальной мощи полупериферийных стран [10]. Именно на полупериферии мировой экономической системы пока экофобные экономические процессы превалируют над экофильными (наращивание энергетических мощностей, активная индустриализация, массовая автомобилизация, начальное становление общества потребления в условиях огромного населения и др.), что уже создало здесь очаг наибольшего экологического напряжения. Возник новый мощный центр глобальной экологической угрозы. Это неизбежно приводит к усилению влияния экологического фактора в мировой геополитике. Один из примеров — по сути, провальная Парижская конференция 2015 г. по проблемам глобального изменения климата, прежде всего из-за острых противоречий интересов ЕС, США, Китая и Индии.

Среди факторов экологического неблагополучия отсталых стран можно назвать: принадлежность большинства отсталых государств к тропическому, субэкваториальному и экваториальному поясам; остропроблемная демографическая ситуация, обусловленная все еще высокой рождаемостью; колониальное прошлое многих из отсталых стран с сохраняющейся сырьевой и аграрной ориентацией их хозяйств; качественное отставание в научно-техническом развитии; низкая культура труда и быта; общая бедность, не позволяющая эффективно реализовывать необходимые экологические программы. Эти страны могут быть вписаны в систему мирохозяйственных связей, но методы их борьбы за конкурентоспособность на мировом рынке часто экологически значительно более опасны, чем в развитых.

Широко обсуждаемый в научной и околонаучной литературе фактор обострения экологической ситуации в отстающих странах — перемещение в эти страны наиболее грязных промышленных производств из развитых стран, прежде всего,

при внедрении ТНК. Опасения, связанные с антиэкологической деятельностью ТНК в странах полупериферии и периферии мирового хозяйства, часто бывают обоснованы. Однако не стоит преувеличивать роль ТНК в обострении экологической ситуации в отстающих странах. Быстрый рост экологически грязных производств в странах полупериферии мирового хозяйства — следствие, прежде всего, экономической политики национальных правительств, привлекающих ТНК, и национального капитала в этой сфере. Размещение производственных филиалов ТНК происходит на договорной взаимовыгодной основе.

Эпоху глобализации обычно связывают с глобальным экологическим кризисом. Это справедливо: большую часть XX в. параллельно с ростом численности населения и увеличением масштабов хозяйствования множились и углублялись экологические проблемы. Но в последние десятилетия прошлого века данный тренд стал не столь однозначным. Наряду с экологически негативными процессами, появились выраженные экопозитивные тенденции, и прежде всего в наиболее развитых странах, что существенно усложняет экологическую панораму современного мира, делая ее более мозаичной.

\* \* \*

В целом мировое хозяйство — динамично меняющийся геоэкономический панпланетарный организм, в котором протекают сложные и неоднозначно оцениваемые процессы. При всем разнообразии этих процессов и широкой палитре их оценок в информационном поле учитель должен осмыслить и передать ученику понимание того, что качество жизни каждого жителя нашей планеты зависит не только от того, как развивается его страна, но и в не меньшей степени от того, какие позиции она занимает в глобальном хозяйстве, в системе мирохозяйственных связей. Социально-экономические процессы, протекающие в мировом хозяйстве, оказывают сегодня не меньшее влияние на жизнь каждого из нас, чем внутристрановые. В этом собственно и заключается сущность современного глобального мироустройства.

### *Литература*

1. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. М.: Academia, 1999. 786 с.
2. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм. XV–XVIII вв. Т. 1. М.: Весь мир, 2006. 672 с.
3. География мирового хозяйства: традиции, современность, перспективы / под ред. В.А. Колосова, Н.А. Слуки. М. – Смоленск: Ойкумена, 2016. 400 с.
4. География мирового хозяйства: учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. Н.С. Мироненко. М.: Трэвл Медиа Интэрнэшнл, 2012. 352 с.
5. Гречко Е.А. Географические различия систем корпоративного управления: учеб. пособие. М.: МГУ, 2015. 148 с.
6. Зимин Б.Н. Размещение производства в рыночной среде / сост. А.П. Горкин, Ю.Г. Липец. М.: Альфа-М, 2003. (Разд. «Экономическая интеграция и ее роль в размещении промышленности». С. 26–36.)
7. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения / сост. Ю.В. Яковец. М.: Экономика, 2002. 767 с.

8. Коуз Р., Ван Н. Как Китай стал капиталистическим. М.: Новое издательство, 2016. 386 с.
9. Ламакин В.К. Мировая экономика: учебник для вузов. М.: Юнити-Дана, 2007. 735 с.
10. Лопатников Д.Л. Экологические перспективы постиндустриального мира. М.: МГУ-АБФ, 2004. 312 с.
11. Лопатников Д.Л. Экономическая и социальная география мира. 10–11 классы: учеб. для общеобразоват. учреждений (базовый и углублённый уровни): в 2 ч. М.: Мнемозина, 2013. 239 с. и 240 с.
12. Мировая экономика и международные экономические отношения: учебник / под ред. А.С. Булатова и др. М.: КноРус, 2017. 916 с.
13. Мироненко Н.С. Введение в географию мирового хозяйства. Международное разделение труда. М.: Аспект Пресс, 2006. 239 с.
14. Мироненко Н.С., Сорокин М.Ю. Эволюция пространственной структуры мирового хозяйства под влиянием глобальных экономических кризисов с середины XIX века // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2005. № 1. С. 68–76.
15. Мовсесян А., Огнивцев С. Транснациональный капитал и национальные государства // Мировая экономика и международные отношения. 1999. № 6. С. 56–70.
16. Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / под ред. В.Л. Иноземцева. М.: Academia, 1999. 631 с.
17. Портер М. Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. М.: Международные отношения, 1993. 896 с.
18. Ратцель Ф. Политическая география (в изложении Л. Синицкого), Отдел V // Геополитика: хрестоматия / сост. Б.А. Исаев. СПб.: Питер, 2007. 504 с.
19. Шупер В.А. Евразийское будущее России в свете чередования интеграционных и дезинтеграционных циклов // Балтийский регион. 2016. Т. 8, № 4. С. 7–17.
20. Синцеров Л.М. Проблемы глобальной интеграции // Известия РАН. Серия географическая. 2005. № 4. С. 5–12.
21. Словарь современной экономической теории Макмиллана. М.: Инфра-М., 2003. 608 с.
22. Фергюсон Н. Империя: чем современный мир обязан Британии: пер. с англ. М.: ACT-Корпус, 2013. 560 с.
23. Juglar C. Des Crises commerciales et leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis. Paris, 1862. P. 262–265.
24. Kuznets S. Toward a Theory of Economic Growth, with Reflections on the Economic Growth of Modern Nations, 1968. 320 p.
25. Выступление Си Цзиньпина: Китай входит в новую эру? (Всемирный экономический форум в Давосе – 2017) // «Вести Экономика» — аналитические материалы. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/80069> (дата обращения: 22.08.2017).
26. Лосев А. Почему США и ЕС могут пойти по пути экономического национализма, а Китай и Россия — нет // «Ведомости» — ежедневная деловая газета. 2017. 2 августа. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/blogs/2017/08/02/727688-ssha-est-natsionalizma-kitai-rossiya> (дата обращения: 22.08.2017).

### *Literatura*

1. Bell D. Gryadushhee postindustrial'noe obshhestvo. М.: Academia, 1999. 786 с.
2. Brodel' F. Material'naya civilizaciya, e'konomika i kapitalizm. XV–XVIII vv. Т. 1. М.: Ves' mir, 2006. 672 с.

3. *Geografiya mirovogo xozyajstva: tradicii, sovremennoст', perspektivy'* / pod red. V.A. Kolosova, N.A. Sluki. M. – Smolensk: Ojkumena, 2016. 400 s.
4. *Geografiya mirovogo xozyajstva: uchebnik dlya studentov vy'sshix uchebnix zavedenij* / pod red. N.S. Mironenko. M.: Tre've'l Media Inte'rne'shnl, 2012. 352 s.
5. *Grechko E.A. Geograficheskie razlichiyi sistem korporativnogo upravleniya: uchebnoe posobie*. M.: MGU, 2015. 148 s.
6. *Zimin B.N. Razmeshhenie proizvodstva v ry'nochnoj srede* / sost. A.P. Gorkin, Yu.G. Lipecz. M.: Al'fa-M, 2003. (Razd. «E'konomicheskaya integraciya i ee rol' v razmeshhenii promy'shlenosti». S. 26–36.)
7. *Kondrat'ev N.D. Bol'shie cikly' kon'yunktury i teoriya predvideniya* / sost. Yu.V. Yakovlev. M.: E'konomika, 2002. 767 s.
8. *Kouz R., Van N. Kak Kitaj stal kapitalisticheskim*. M.: Novoe izdatel'stvo, 2016. 386 s.
9. *Lamakin V.K. Mirovaya e'konomika: uchebnik dlya vuzov*. M.: Yuniti-Dana, 2007. 735 s.
10. *Lopatnikov D.L. E'kologicheskie perspektivy' postindustrial'nogo mira*. M.: MGU-ABF, 2004. 312 s.
11. *Lopatnikov D.L. E'konomicheskaya i social'naya geografiya mira. 10–11 klassy': ucheb. dlya obshheobrazovat. uchrezhdenij (bazovy'j i uglublyonny'j urovni)*: v 2 ch. M.: Mnemozina, 2013. 239 s. i 240 s.
12. *Mirovaya e'konomika i mezhdunarodny'e e'konomicheskie otnosheniya: uchebnik* / pod red. A.S. Bulatova i dr. M.: KnoRus, 2017. 916 s.
13. *Mironenko N.S. Vvedenie v geografiyu mirovogo xozyajstva. Mezhdunarodnoe razdelenie truda*. M.: Aspekt Press, 2006. 239 s.
14. *Mironenko N.S., Sorokin M.Yu. E'voljuciya prostranstvennoj struktury' mirovogo xozyajstva pod vliyaniem global'ny'x e'konomicheskix krizisov s serediny' XIX veka* // *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2005. № 1. S. 68–76.
15. *Movsesyan A., Ognivcev S. Transnacional'ny'j kapital i nacional'ny'e gosudarstva* // *Mirovaya e'konomika i mezhdunarodny'e otnosheniya*. 1999. № 6. S. 56–70.
16. *Novaya postindustrial'naya volna na Zapade. Antologiya* / pod red. V.L. Inozemceva. M.: Academia, 1999. 631 s.
17. *Porter M. Mezhdunarodnaya konkurenciya. Konkurentny'e preimushhestva stran*. M.: Mezhdunarodny'e otnosheniya, 1993. 896 s.
18. *Ratcel' F. Politicheskaya geografiya (v izlozhenii L. Siniczkogo)*, Otdel V // *Geopolitika: xrestomatiya* / sost. B.A. Isaev. SPb.: Piter, 2007. 504 s.
19. *Shuper V.A. Evrazijskoe budushhee Rossii v svete cheredovaniya integracionny'x i dezintegracionny'x ciklov* // *Baltijskij region*. 2016. T. 8, № 4. S. 7–17.
20. *Sincerov L.M. Problemy' global'noj integracii* // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2005. № 4. S. 5–12.
21. *Slovar' sovremennoj e'konomicheskoy teorii* Makmillana. M.: Infra-M., 2003. 608 s.
22. *Fergyuson N. Imperiya: chem sovremenny'j mir obyazan Britanii*: per. s angl. M.: AST-Korpus, 2013. 560 s.
23. *Juglar C. Des Crises commerciales et leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis*. Paris, 1862. P. 262–265.
24. *Kuznets S. Toward a Theory of Economic Growth, with Reflections on the Economic Growth of Modern Nations*, 1968. 320 p.

25. Vy'stuplenie Si Czin'pina: Kitaj vxodit v novuyu e'ru? (Vsemirnyj e'konomicheskij forum v Davose – 2017) // «Vesti E'konomika» — analiticheskie materialy'. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/80069> (data obrashheniya: 22.08.2017).

26. Losev A. Pochemu SShA i ES mogut pojti po puti e'konomicheskogo nacionalizma, a Kitaj i Rossiya — net // «Vedomosti» — ezhednevная delovaya gazeta. 2017. 2 avgusta. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/blogs/2017/08/02/727688-ssha-es-natsionalizma-kitai-rossiya> (data обращения: 22.08.2017).

**D.L. Lopatnikov**

### **Conceptual Approaches to the Study of the World Economy in the School Course of Geography**

The article considers the basic conceptual approaches to the study of the geography of the world economy in the school course of geography. The author's definition of the world economy in the era of globalization is done. The place of the key actors of the global economy in world economic life is analyzed. Particular emphasis is placed on the processes in the world economy that lead to a deep transformation of its sectoral and territorial structures.

*Keywords:* world economy; modernization; postindustrialization; transnationalization; ecologization.

**В.А. Бубнов**

## Методический анализ гидродинамической структуры вихревой нити

В общем курсе физики мало внимания уделяется теории вихревых движений. Однако в рамках межпредметных связей между общим курсом физики и дисциплиной «Физика природных явлений», изучаемой студентами-географами, тема «Вихревая нить, моделирующая динамические явления в смерчах и ураганах», представляется актуальной. В связи с этим в данной работе описана методика анализа структуры вихревой нити и показано соответствие течений в вихревой нити течениям в реальных ураганах.

*Ключевые слова:* изолированный вихрь; гидродинамические характеристики; натурные измерения в ураганах; вихревая нить.

**В** гидродинамике имеет место модель течения, называемая вихревой нитью. В лабораторных условиях вихревая нить наблюдается как цилиндрическое изолированное вихревое образование, в котором преобладает по величине окружная скорость  $v$ , а вторичные течения, определяемые радиальной скоростью  $u$  и осевой  $w$ , ничтожно малы. В рамках таких предположений гидродинамическая структура рассматриваемого вихревого движения такова: внутри нити скорость  $v = \omega r$  (где  $\omega$  — угловая скорость, а  $r$  — текущий радиус вихря); вне нити  $v = \frac{const}{r}$ .

Таким образом, внутри вихревой нити окружная скорость возрастает до максимальной  $v_0$  на границе, определяемой радиусом  $r_0$ , а далее с увеличением радиуса  $r$  убывает по закону  $v = \frac{const}{r}$ . Если в цилиндрической системе координат вычислить проекцию на ось  $z$  ротора скорости по формуле:

$$\omega_z = \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r}, \quad (1)$$

то оказывается, что внутри нити  $\omega_z = 2\omega$ , а вне —  $\omega_z = 0$ . Последнее означает, что в данном вихревом течении существуют вихревое и потенциальное течения.

Изложенная модель вихревой нити часто используется для грубого анализа гидродинамической структуры реальных смерчей и ураганов.

Именно поэтому задача о взаимодействии вихревой нити с плоскостью привлекала многих исследователей (см.: [8]).

При решении этой задачи в рамках уравнений Навье – Стокса к указанным уравнениям, представленным в цилиндрической системе координат, добавлялись следующие граничные условия [8]:

$$\left. \begin{array}{l} u = v = w = 0, \text{ при } z = 0, \\ v = \frac{c_0}{r}, p = p_\infty - \rho \frac{c_0^2}{2r^2}, \text{ при } z = \infty, \\ u = w = 0, \text{ при } r = 0. \end{array} \right\} \quad (2)$$

Качественный анализ решений этой задачи в указанной постановке, проделанный автором монографии [8], привел к тому, что при числах Рейнольдса, превышающих восемь, ограниченных решений не существует. Численные расчеты этой задачи [8] показали, что ограниченные решения имеют место для чисел Рейнольдса, меньших числа 5,5.

Однако в работах [1; 2] показано, что все исследователи, цитированные в [8], пренебрегли одной из асимптотик, которая имеет место для уравнения определяющего циркуляцию скорости.

Учет обеих асимптотик для циркуляции скорости привел как к монотонным, так и немонотонным решениям, которые имеют место при любых числах Рейнольдса (см.: [1; 2]). Наличие же монотонных и немонотонных решений, допускаемых уравнениями Навье – Стокса при конкретных числах Рейнольдса, свидетельствует о невозможности точного анализа характера взаимодействия вихревой нити с плоскостью в рамках указанных уравнений.

Различные способы уточнения уравнений Навье – Стокса, проделанные автором, описаны в [3; 4; 7; 12].

Сущность этих способов такова.

Вывод уравнений движения жидкости или газа основывается на применении второго закона Ньютона к анализу движения частицы жидкости или газа. Однако формульный вид этого закона не был дан Ньютоном. Им была дана только словесная формулировка указанного закона, согласно которой изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению, по которому эта сила действует.

В рамках этого определения автором (см.: [4–7]) применительно к частице жидкости второй закон Ньютона написан в следующем виде:

$$c \frac{d(m\vec{V})}{dt} = \vec{F}, \quad (3)$$

где  $m$  — масса частицы,  $t$  — время,  $\vec{V}$  — вектор гидродинамической скорости, составляющие которого суть  $u$ ,  $v$ ,  $w$  вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  — соответственно, и, наконец,  $\vec{F}$  есть сила, вызывающая изменение количества движения.

В рамках общепринятой системы единиц коэффициент пропорциональности  $c$  суть отвлеченное число, оно может быть как положительное, так и отрицательное. В работе [6] автором доказано, что  $c > 0$  в ускорительных движениях и  $c < 0$  — в замедленных.

Отличие формы (3) второго закона Ньютона от общепринятой состоит не только в том, что  $c \neq 1$ , но и в том, что масса  $m$  в данном рассмотрении есть величина переменная. Кроме того, применительно к частице жидкости производная, стоящая слева в (3), рассматривается в форме оператора Эйлера, а именно:

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}. \quad (4)$$

Учитывая сказанное, уравнение (3) переписываем так:

$$cm \frac{d\vec{V}}{dt} + c\vec{V} \frac{dm}{dt} = \vec{F}. \quad (5)$$

Теперь следует вычислить изменение массы во времени для движущейся частицы жидкости. Для этого предположим, что в формуле  $m = \rho W = \rho dx dy dz$  изменяются со временем и плотность  $\rho$ , и объем  $W$  частицы жидкости. Тогда:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d\rho W}{dt} = \rho \frac{dW}{dt} + W \frac{d\rho}{dt}. \quad (6)$$

Для вычисления изменения объема  $W$  введем промежуточную величину:

$$\theta = \frac{W_0 - W_1}{W_0 \cdot \Delta t}, \quad (7)$$

а входящие в нее объемы  $W_0$  и  $W_1$  выразим через массы  $m_0$  и  $m_1$ , а также плотности  $\rho_0$  и  $\rho_1$  согласно общезвестным формулам:

$$W_0 = \frac{m_0}{\rho_0}, \quad W_1 = \frac{m_1}{\rho_1}. \quad (8)$$

Далее считаем, что  $m_0 = m_1 = m$ , т. е. изменение плотности происходит только за счет изменения объема частицы. Теперь после подстановки (8) в (7) получаем:

$$\theta = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 \Delta t} = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt}. \quad (9)$$

Используем общезвестное уравнение неразрывности:

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} + \operatorname{div} \vec{V} = 0, \quad (10)$$

из которого следует:

$$\theta = -\operatorname{div} \vec{V} = -\varepsilon = -\left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right). \quad (11)$$

Теперь вычисление объема  $W$  производим так:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{W_1 - W_0}{\Delta t} = -\frac{(W_0 - W_1) \cdot W_0}{W_0 \cdot \Delta t} = -W_0 \cdot \theta. \quad (12)$$

Формулы (7, 9–12) позволяют из (6) получить окончательное выражение для изменения массы во времени:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \theta (W - W_0). \quad (13)$$

Разделим все величины в (5) на элементы объема  $W$  и учтем (13), тогда получим:

$$c\rho \frac{d\vec{V}}{dt} + c \left( 1 - \frac{W}{W_0} \right) \rho \vec{V} \cdot \theta = \vec{P}. \quad (14)$$

Введем эмпирический параметр:

$$c_1 = c \left( 1 - \frac{W}{W_0} \right), \quad (15)$$

который характеризует величину изменения объема частицы жидкости. После подстановки в уравнение (14) формул (11) и (15) получаем следующее соотношение:

$$c\rho \frac{dV}{dt} - c_1 \rho \vec{V} \operatorname{div} \vec{V} = \vec{P}, \quad (16)$$

в котором левая часть приняла окончательный вид, а правая часть подлежит дальнейшим исследованиям в связи с установлением величины поверхностной силы  $\vec{P}$ .

Заметим, что между эмпирическими коэффициентами  $c$  и  $c_1$ , в частном случае, имеет место следующая связь, для установления которой введем новую величину:

$$\beta = \frac{(W - W_0)}{2W - W_0} = c_1. \quad (17)$$

Тогда для  $c$  получим очевидное соотношение:

$$c = 1 - \beta = \frac{W}{2W - W_0}. \quad (18)$$

Полученные таким образом соотношения для  $c$  и  $c_1$  позволяют уравнению (16) придать новую форму:

$$(1 - \beta) \rho \frac{d\vec{V}}{dt} - \beta \rho \vec{V} \operatorname{div} \vec{V} = P. \quad (19)$$

Для вычисления вектора поверхностной силы  $\vec{P}$  используем общеизвестное его представление, именно:

$$\begin{aligned} \vec{P} = \vec{i} \cdot \left( \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) + \vec{j} \cdot \left( \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) + \\ + \vec{k} \cdot \left( \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} \right). \end{aligned}$$

Здесь  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  суть орты координатных осей  $x, y, z$  соответственно  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  — нормальные напряжения, действующие на поверхности частицы жидкости, а  $\tau_{xy} = \tau_{yx}, \tau_{xz} = \tau_{zx}, \tau_{yz} = \tau_{zy}$  являются поверхностными касательными напряжениями.

Теперь, учитывая вышеприведенные составляющие вектора  $\vec{P}$ , переписываем проекции на координатные оси уравнения (16) и получаем:

$$\left. \begin{aligned} c\rho \frac{du}{dt} - c_1 \rho u \cdot \varepsilon &= \left( \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right), \\ c\rho \frac{dv}{dt} - c_1 \rho v \cdot \varepsilon &= \left( \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right), \\ c\rho \frac{dw}{dt} - c_1 \rho w \cdot \varepsilon &= \left( \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} \right). \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Система уравнений (20) является аналогом векторного уравнения (3) применительно к частице жидкости, и она является исходной для вывода уравнений гидродинамики.

Проблема вывода указанных уравнений заключается в установлении связи между напряжениями, входящими в правую часть системы (20), и скоростями деформационного движения  $u, v, w$ . Первый шаг в решении этой проблемы состоит в выделении из нормальных напряжений гидродинамического давления  $p$ . Это делается в гидродинамике с помощью следующих формул:

$$\sigma_x = -p + \sigma'_x, \sigma_y = -p + \sigma'_y, \sigma_z = -p + \sigma'_z.$$

Далее в рамках гипотезы Навье – Стокса устанавливаем линейную зависимость между напряжениями и скоростями  $u, v, w$  следующего вида:

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_x &= \lambda \varepsilon + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}, \tau_{xy} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right); \\ \sigma'_y &= \lambda \varepsilon + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}, \tau_{yz} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right); \\ \sigma'_z &= \lambda \varepsilon + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z}, \tau_{xz} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right). \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Здесь, как и ранее, скорость объемного расширения определена так:

$$\varepsilon = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = \operatorname{div} \vec{V}, \quad (22)$$

а параметры  $\lambda$  и  $\mu$  называют объемной и сдвиговой вязкостями.

Система уравнений (20) после подстановки в нее формул (21) становится определенной относительно скоростей  $u, v, w$  и принимает следующий вид [4; 8]:

$$\left. \begin{aligned} c\rho \frac{du}{dt} - c_1 \rho u \cdot \varepsilon &= -\frac{\partial p}{\partial x} + (\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + \mu \nabla^2 u, \\ c\rho \frac{dv}{dt} - c_1 \rho v \cdot \varepsilon &= -\frac{\partial p}{\partial y} + (\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} + \mu \nabla^2 v, \\ c\rho \frac{dw}{dt} - c_1 \rho w \cdot \varepsilon &= -\frac{\partial p}{\partial z} + (\lambda + \mu) \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} + \mu \nabla^2 w, \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

где дополнительно введен так называемый оператор набла квадрат:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Для записи системы (23) в компактном векторном виде введен оператор набла:

$$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}.$$

Этот оператор есть вектор, поэтому конвективную производную оператора Эйлера (4) можно представить как скалярное произведение вектора  $\vec{V}$  на вектор  $\nabla$ , т. е.:

$$u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z} = (\vec{V} \cdot \nabla).$$

Теперь оператор полной производной принимает более компактный вид:

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} (\vec{V} \cdot \nabla). \quad (24)$$

Операторы «набла» и «набла квадрат» и выражение (24) позволяют систему (23) представить в форме одного векторного уравнения:

$$\begin{aligned} c\rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + c\rho (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} - c_1 \rho \vec{V} \cdot \operatorname{div} \vec{V} = \\ = -\nabla \cdot p + (\lambda + \mu) \nabla \cdot \operatorname{div} \vec{V} + \mu \nabla^2 \vec{V}. \end{aligned} \quad (25)$$

Далее, для определения величины давления  $p$  в гидродинамическом потоке введем величину  $p_m$  как среднее арифметическое нормальных напряжений согласно формуле:

$$p_m = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) = -p + \frac{1}{3}(\sigma'_x + \sigma'_y + \sigma'_z). \quad (26)$$

Учитывая в (21) выражения для  $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$ , получаем, что:

$$\frac{1}{3}(\sigma'_x + \sigma'_y + \sigma'_z) = \left( \lambda + \frac{2}{3}\mu \right) \varepsilon. \quad (27)$$

Чтобы приравнять давление  $p_m$  гидродинамическому давлению  $p$ , Стокс в правой части (27) определил объемную вязкость  $\lambda$  через сдвиговую вязкость  $\mu$  так:

$$\lambda = -\frac{2}{3}\mu. \quad (28)$$

Уравнение (25) в данном случае переписывается так (см [8]):

$$\begin{aligned} c \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + c(\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} - c_1 \rho \vec{V} \cdot \operatorname{div} \vec{V} = \\ = -\frac{1}{\rho} \nabla \cdot p + \frac{1}{3} \nu \nabla \cdot \operatorname{div} \vec{V} + \nu \nabla^2 \vec{V}, \end{aligned} \quad (29)$$

где через  $\nu$  обозначена кинематическая вязкость.

Произведем аналогичные вычисления над правой частью в (19), тогда вместо уравнения (19) будем иметь:

$$\begin{aligned}
 (1-\beta) \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (1-\beta)(\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} - \beta \vec{V} \operatorname{div} \vec{V} = \\
 = -\frac{1}{\rho} \nabla \cdot p + \frac{1}{3} \nu \nabla \cdot \operatorname{div} \vec{V} + \nu \nabla^2 \vec{V}.
 \end{aligned} \tag{30}$$

Уравнение (30) является частным случаем уравнения (29), так как согласно формулам (17) и (18) параметр  $\beta$  есть частная комбинация параметров  $c$  и  $c_1$ .

В связи с уравнением (30) интересно заметить следующее. В 1948 году в работе [11] профессор Московского университета А.С. Предводителев предложил следующую новую форму уравнений гидродинамики:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (1-\beta)(\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} - \beta \vec{V} \operatorname{div} \vec{V} = \\
 = -\frac{1}{\rho} \nabla \cdot p + (2-\gamma) \nu \nabla \cdot \operatorname{div} \vec{V} + \nu \nabla^2 \vec{V}.
 \end{aligned} \tag{31}$$

Это уравнение при  $\gamma = \frac{5}{3}$  и  $\beta = 0$  переходит в уравнение Навье – Стокса.

Параметр  $\beta$  был назван А.С. Предводителевым параметром неидеальной сплошности. Очевидно, что в стационарных течениях уравнение Предводителева (31) совпадает с уравнением (30).

Для анализа гидродинамической структуры вихревой нити будем использовать уравнение (29), когда  $\operatorname{div} \vec{V} = 0$  (жидкость несжимаемая) и скорость  $\vec{V}$  не зависит от времени. При этих предположениях указанное уравнение упрощается так:

$$c(\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla \cdot p + \nu \nabla^2 \vec{V}. \tag{32}$$

Оказывается, что к таковой форме сводится уравнение Осборна Рейнольдса для осредненных скоростей, если в нем турбулентные напряжения выразить через квадраты и попарные произведения составляющих скорости осредненного движения [3]. Последнее означает, что кинематическую вязкость  $\nu$  в уравнении (32) можно заменить кинематической турбулентной вязкостью.

Согласно полуэмпирическим представлениям теории турбулентности, когда имеет место двумерное движение

$$\bar{u} = \bar{u}(y), \bar{v} = 0,$$

турбулентное касательное напряжение  $\tau_{xy}$  определяется так:

$$-\rho \bar{u}' \bar{v}' = \tau_{xy} = \rho \varepsilon \frac{du}{dy}, \tag{33}$$

где  $\varepsilon$  — кинематическая турбулентная вязкость, определяемая формулой:

$$\varepsilon = l^2 \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|. \quad (34)$$

Здесь в (34)  $l$  — длина пути перемешивания, для которой Т. Карман предложил формулу:

$$l = \frac{\kappa \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right|}{\left| \frac{d^2 u}{dy^2} \right|}. \quad (35)$$

При этом константа  $\kappa$  оказалась равной 0,4 в результате анализа турбулентных течений в трубах, проделанного Т. Карманом.

В цилиндрической системе координат формулы (33)–(35) требуют своего уточнения.

Действительно, напряжению  $\tau_{xy}$  в прямоугольной системе координат  $x, y$ , в цилиндрической системе  $r, \phi$  соответствует напряжение  $\tau_{r\phi}$ , которое (см.: [12]) в предложении симметрии по углу  $\phi$  определяется так:

$$\tau_{r\phi} = \rho \varepsilon \left( \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right), \quad (36)$$

где  $v$  — окружная скорость, а  $r$  — текущий радиус. Из сравнения формул (33) и (36) следует, что при переходе от прямоугольной системы координат

к цилиндрической необходимо выражение  $\frac{du}{dy}$  заменить на  $\left( \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right)$ .

Произведем такую замену в (34) и (35) и получим для величины  $\varepsilon$  в цилиндрической системе координат следующие формулы:

$$\varepsilon = l^2 \left| \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right|, \quad l = \kappa \frac{\left| \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right|}{\left| \frac{\partial}{\partial r} \cdot \left( \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right) \right|}. \quad (37)$$

Эта величина  $\varepsilon$  в [12] названа вихревой вязкостью.

В изолированных вихрях, к числу которых относится и вихревая нить, на границе взаимодействия вихря с окружающей средой, допускает смену знака величина  $\omega_z = \frac{1}{2}(\text{rot } \vec{V})$ . Для учета этого обстоятельства примем, что:

$$v = v_0 \left( \frac{r_0}{r} \right)^n. \quad (38)$$

Теперь для  $\omega_z$  будем иметь следующее выражение:

$$\omega_z = \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{v}{r} = \frac{(1-n)v_0 r_0^n}{r^{n+1}}.$$

Отсюда видно, что при  $n > 1$  и  $r \rightarrow \infty$  величина  $\omega_z$  стремится к нулю в области своих отрицательных значений.

После подстановки (38) в (37) получим выражение для вихревой вязкости:

$$\varepsilon = \frac{\kappa^2 v_0 r_0}{(n+1)} \left( \frac{r_0}{r} \right)^{n-1}. \quad (39)$$

Здесь  $v_0$  — максимальное значение окружной скорости, а  $r_0$  — радиус этой скорости.

В монографии [12] радиус изолированного вихря определяется как радиус  $R$ , при котором величина  $\omega_z$  изменяет знак. Теперь, чтобы избавиться от зависимости величины  $\varepsilon$  от  $r$ , введем понятие эффективной кинематической вязкости  $v_0$  как значения величины  $\varepsilon$  на границе изолированного вихря [6], т. е.:

$$v_0 = \frac{\mu_0}{\rho} = \frac{\kappa^2 v_0 r_0}{(n+1)} \left( \frac{r_0}{r} \right)^{n-1}, \quad (40)$$

а значение константы Кармана  $\kappa$  будем принимать равной 0,4 при проведении расчетов по (40).

Задачу о взаимодействии вихревой нити с плоскостью будем решать на основе уравнения (32), которое необходимо переписать в цилиндрической системе координат  $r, \phi, z$ . Для этого через  $u, v, w$  обозначим составляющие вектора гидродинамической скорости на оси  $r, \phi, z$ , тогда в условиях осевой симметрии уравнение (32) в проекциях на оси цилиндрической системы координат примет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} c \left( u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{v^2}{r} \right) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + v_0 \left( \Delta u - \frac{u}{r^2} \right), \\ c \left( u \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{uv}{r} - w \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= v_0 \left( \Delta v - \frac{u}{r^2} \right), \\ c \left( u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v_0 \Delta w, \end{aligned} \right\} \quad (41)$$

где дополнительно обозначено:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

К системе (41) добавим уравнение неразрывности в форме  $\operatorname{div} \vec{V} = 0$ , которое в цилиндрической системе координат, в условиях осевой симметрии, записывается так:

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (42)$$

При обезразмеривании величин системы (41) необходимо иметь в виду, что в данной задаче нет характерной скорости, поэтому введем характерную циркуляцию  $c_0$  с размерностью  $\frac{M^2}{c}$ .

Характерная циркуляция скорости  $c_0$  позволяет от размерных скоростей  $u$ ,  $v$ ,  $w$  и давления  $p$  перейти к безразмерным скоростям  $\bar{u}$ ,  $\bar{v}$ ,  $\bar{w}$  и давлению  $\Pi$  по формулам:

$$u = c_0 \frac{\bar{u}}{r}, v = c_0 \frac{\Phi}{r}, w = c_0 \frac{\bar{w}}{r}, \Pi = \frac{r^2(p - p_\infty)}{\rho c_0^2};$$

которые позволяют исходную систему (41) и уравнение (42) переписать так:

$$\left. \begin{aligned} c \left( u \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{(u^2 + \Phi^2)}{r} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= - \frac{\partial \Pi}{\partial r} + \frac{2\Pi}{r} + kr \nabla^2 u, \\ u \frac{\partial \Phi}{\partial r} + w \frac{\partial \Phi}{\partial z} &= kr \nabla^2 \Phi, \\ c \left( u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{uw}{r} \right) &= - \frac{\partial \Pi}{\partial z} + kr \left( \nabla^2 w + \frac{w}{r^2} \right), \\ \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

Здесь черточки сверху над безразмерными величинами не написаны, через  $k = \frac{v_0}{c_0}$  обозначена величина, являющаяся аналогом числа Рейнольдса, и оператор «набла квадрат», равный:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Граничные условия (2) теперь видоизменяются, а именно:

$$\left. \begin{array}{l} u = \Phi = w = 0, \text{ при } z = 0, \\ \Phi = 1, \Pi = -\frac{1}{2}, \text{ при } z = \infty, \\ u = w = 0, \text{ при } r = 0, \\ u = \Phi = w = 0, \text{ при } r = \infty. \end{array} \right\} \quad (44)$$

Система уравнений (43) в частых производных позволяет с помощью переменной

$$\eta = \frac{z}{r} \quad (45)$$

перейти к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно переменной  $\eta$ , если воспользоваться следующими формулами перехода:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial r} &= -\frac{z}{r^2} \frac{d}{d\eta}, \quad \frac{\partial^2}{\partial r^2} = \frac{z^2}{r^4} \frac{d^2}{d\eta^2} + \frac{2z}{r^3} \frac{d}{d\eta}, \\ \frac{\partial}{\partial r} &= \frac{1}{r} \frac{d}{d\eta}, \quad \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \frac{1}{r^2} \frac{d^2}{d\eta^2}. \end{aligned}$$

Воспользовавшись этими формулами перехода, получаем вместо системы (43):

$$\begin{aligned} c[(w - \eta u)u' - (u^2 + \Phi)] &= \\ &= \eta \Pi' + 2\Pi + k[(1 + \eta^2)u'' + 3\eta u'], \end{aligned} \quad (46)$$

$$c(w - \eta u)\Phi' = k[(1 + \eta^2)\Phi'' + 3\eta \Phi'], \quad (47)$$

$$c[(w - \eta u)w' - uw] = -\Pi' + k[(1 + \eta^2)w'' + 3\eta w' + w], \quad (48)$$

$$w' = \eta u'. \quad (49)$$

Здесь штрих сверху над символом обозначает обыкновенную производную, как это принято в математическом анализе.

В соответствии с граничными условиями (44), переменная будет изменяться от нуля до бесконечности, а именно: при  $\eta = 0$ ,  $u = \Phi = w = 0$ , а при  $\eta = \infty$ ,  $\Phi = 1$ ,  $\Pi = -\frac{1}{2}$ ,  $u = w = 0$ .

Соотношение (49) позволяет проинтегрировать уравнение (48), в результате чего получаем:

$$\Pi = -cw(w - \eta u) + k[(1 + \eta^2)w' + \eta w] - \frac{1}{2}. \quad (50)$$

В этом выражении постоянная интегрирования принятая равной  $\left(-\frac{1}{2}\right)$ , чтобы удовлетворить условию: при  $\eta = \infty$ , давление  $\Pi = -\frac{1}{2}$ .  
Введем новую переменную

$$x = \frac{\eta}{\sqrt{1+\eta^2}}$$

и новую функцию

$$y = \frac{(w - \eta u)}{\sqrt{1+\eta^2}} = w\sqrt{1-x^2} - xu.$$

Тогда с помощью (49) нетрудно получить

$$u = -(1-x^2)y' - xy, \quad w = \sqrt{1-x^2}(y - xy'). \quad (51)$$

Здесь штрихом обозначено дифференцирование по  $x$ . Отметим, что  $y$  играет роль меридиональной функции тока, причем при подстановке (51) в (49) последнее удовлетворяется тождественно.

Теперь, после довольно длинных преобразований, уравнения (46) и (47) в новых переменных примут вид

$$\left. \begin{aligned} -k(1-x^2)^2 y''' &= 1 + c \left[ y^2 - \Phi^2 - \frac{(1-x^2)}{2} (y^2)'' - x(y^2)' \right], \\ c(1-x^2)y\Phi' &= k(1-x^2)^2 \Phi'', \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

а граничные условия уточняются так

$$\left. \begin{aligned} y(0) &= 0, & y'(0) &= 0, & y(1) &= 0, \\ \Phi(0) &= 0, & \Phi(1) &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

Задача (52)–(53) относится к краевой, и ее решение будем получать методом интегральных соотношений академика А.А. Дородницына [9]. Для этого введем набор так называемых сглаживающих функций  $f_n(x)$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ), левую и правую части системы (52) умножим на  $f_n(x)$  и проинтегрируем по переменной  $x$  от нуля до единицы, после чего получим следующую систему интегральных соотношений:

$$\left. \begin{aligned} -k \int_0^1 f_n(x)(1-x^2)^2 y''' dx &= \int_0^1 f_n(x) dx + \\ + c \int_0^1 f_n(x) \left[ y^2 - \Phi^2 - \frac{(1-x^2)}{2} (y^2)'' - x(y^2)' \right] dx, \\ k \int_0^1 f_n(x)(1-x^2)^2 \Phi'' dx &= c \int_0^1 f_n(x)(1-x^2) y \Phi' dx. \end{aligned} \right\} \quad (54)$$

При изучении системы (54) будем довольствоваться нулевым приближением, когда

$$f_0 = 1, \Phi(x) = x + b_1 x(1-x^2), y = a_1 x^2(1-x^2). \quad (55)$$

После подстановки (55) в (54) и последующего интегрирования будем иметь систему алгебраических уравнений для определения коэффициентов  $a_1$  и  $b_1$

$$\left. \begin{aligned} 4ka_1 + \frac{4}{15}cb_1 &= 1 - \frac{c}{3} + c \left( \frac{8}{105}a_1^2 - \frac{8}{105}b_1^2 \right), \\ \frac{8}{105}ca_1 + kb_1 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

Теперь из второго уравнения системы (56) определяем

$$a_1 = -\frac{105}{8} \frac{k}{c} b_1, \quad (57)$$

после чего первое уравнение в (56) переписывается так:

$$\left( \frac{8}{105}c - \frac{105}{8} \frac{k^2}{c} \right) b_1^2 + \left( \frac{4}{15}c - \frac{105}{2} \frac{k^2}{c} \right) b_1 - \left( 1 - \frac{c}{3} \right) = 0. \quad (58)$$

Из (58) следует, что для любого  $k$  выбором соответствующего значения  $c$  можно вычислить  $b_1$ , которое в общем случае может иметь два корня.

При переходе к переменным  $r$  и  $z$  дополнительное обезразмеривание гидродинамических величин необходимо произвести так:

$$\begin{aligned} r &= R\bar{r}, \quad z = R\bar{z}, \quad u = \frac{c_0}{R}\bar{u}, \quad v = \frac{c_0}{R}\bar{v}, \\ w &= \frac{c_0}{R}\bar{w}, \quad p - p_\infty = \frac{\rho c_0^2}{R^2} \Delta \bar{p}, \end{aligned}$$

где  $R$  — характерный радиус изолированного вихря.

В дальнейшем черта сверху над безразмерными величинами будет отброшена. С учетом рассматриваемого приближения отметим формулы для безразмерных гидродинамических величин

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{a_1 z r (z^2 - 2r^2)}{(z^2 + r^2)^{\frac{5}{2}}}, \quad v = \frac{(1+b_1)r^2 z + z^3}{r(z^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}, \\
 w &= \frac{a_1 z^2 (2z^2 - r^2)}{(z^2 + r^2)^{\frac{5}{2}}}, \\
 \Delta \bar{p} &= -\frac{c a_1^2 z^4 (2z^4 + z^2 r^2 - r^4)}{(z^2 + r^2)^5} + \frac{k a_1 z (2z^4 + 10z^2 r^2 - 2r^4)}{r^2 (z^2 + r^2)^{\frac{5}{2}}} - \frac{1}{2r^2}. \quad (59)
 \end{aligned}$$

Для сравнения изложенной теории с экспериментом обратимся к данным по реальным изолированным вихрям, к которым, в частности, относятся ураганы [12]. Известно, что в период от пятидесятых до семидесятых годов прошлого столетия американские исследователи с помощью авиации и измерительных приборов производили гидродинамические исследования в реальных ураганах (см.: [13]).

На рисунке 1 приведены радиальные профили, заимствованные из [13], окружных скоростей нескольких реальных ураганов. Из рисунка 1 следует, что окружная скорость  $v$  может иметь либо один максимум, либо два. Эти профили получены в течение полета самолета и представляют копии записей прибора в реальном времени, поэтому их линии имеют прерывистый характер. С целью математической обработки этих профилей на их основе воспроизвелись плавные кривые, по которым вычислялись радиальные профили величины  $\omega_z$  (см.: [12]).

Для сравнения изложенной теории с экспериментом выбран профиль окружной скорости урагана «Дейси». Рисунок 2 заимствован из [12], который представляет главные кривые профилей скорости  $v$  и завихренности  $\omega_z$  для указанного урагана.

К сожалению, в [13] не указана высота, на которой воспроизведено изменение профиля окружной скорости урагана «Дейси», представленного на рисунке 1. Однако по этому рисунку можно определить, что максимальная окружная скорость этого урагана оказалась  $v_0 = 59 \text{ м/с}$  на радиусе  $r_0 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ м}$ . Из этого же рисунка воспроизведена таблица зависимости окружной скорости от радиуса. Эта таблица была использована при построении радиального профиля безразмерной циркуляции (см. рис. 3).

В рамках формул (59) выражение для безразмерной циркуляции окружной скорости имеет вид:

$$\Phi(\bar{r}, \bar{z}) = \frac{(1+b_1)r^2 z + z^3}{(r^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}. \quad (60)$$

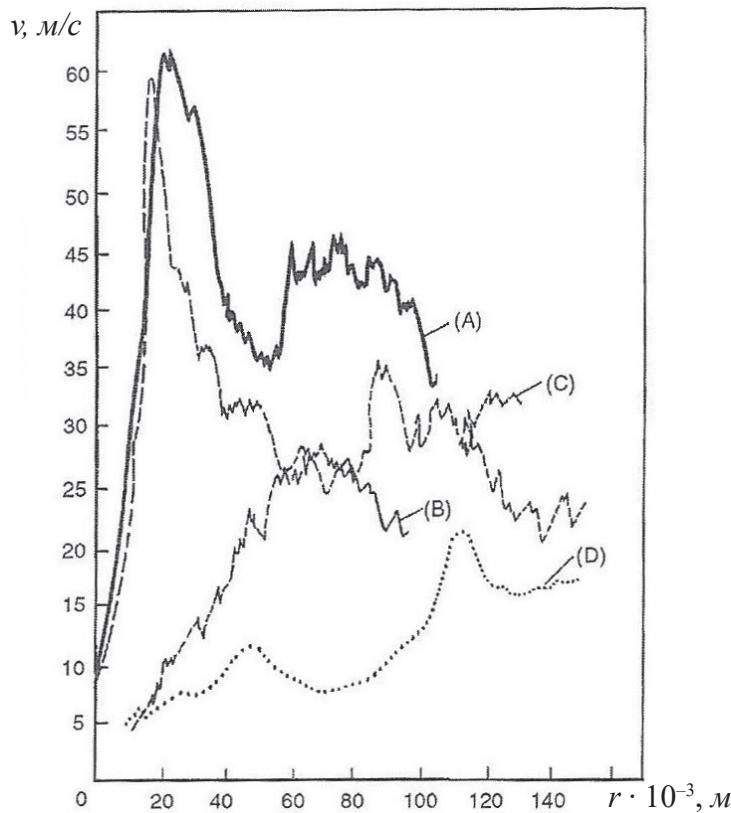


Рис. 1. Радиальные профили ураганов:

(A) — «Эстер», 16 сентября 1961 г.; (B) — «Дейси», 27 августа 1958 г.;  
 (C) — «Джинджер», 26 сентября 1971 г.; (D) — «Хелен», 24 сентября 1958 г.

$$\omega_z \cdot 10^4, 1/c$$

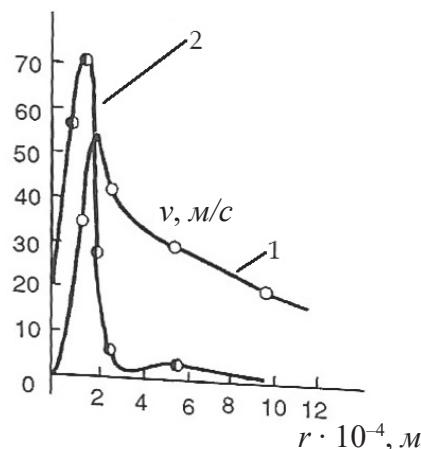


Рис. 2. Ураган «Дейси»:

1 — окружная скорость, 2 — величина  $\omega_z$

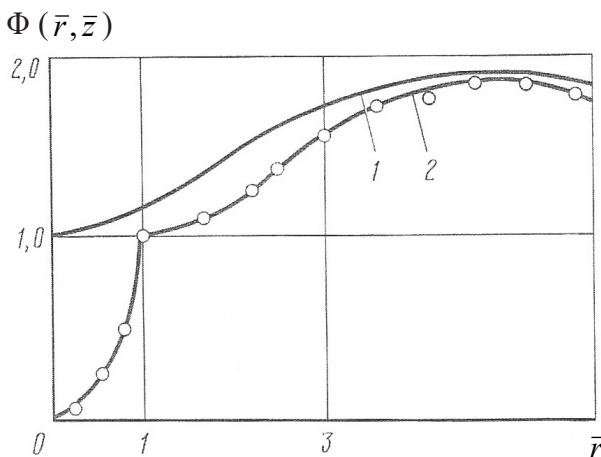


Рис. 3. Профили безразмерной циркуляции скорости для урагана «Дейси»:  
1 — теория; 2 — ураган «Дейси»

Здесь черточки над безразмерными величинами в правой части (60) не использованы. Так как величина  $z$  для урагана «Дейси» неизвестна, то при наложении формулы (60) на реальный профиль циркуляции пришлось подбирать значения  $\bar{z}$  и  $b_1$ . На рисунке 3 изображен теоретический профиль  $\Phi$  вычисленный по (60) при  $\bar{z} = 4,3$  и  $b_1 = 4,3$ . Из этого рисунка следует, что за максимумом тангенциальной скорости теория и эксперимент согласовываются как качественно, так и количественно.

Для определения эффективной вихревой кинематической вязкости необходимо знать радиальный профиль окружной скорости после его максимума. Числовая обработка данных рисунков 1 и 2 позволила этот профиль представить в форме таблицы 1.

Таблица 1

$\frac{r}{r_0}$	$\frac{v_0}{v}$ , ураган «Дейси»	$\left(\frac{r_0}{r}\right)^{0,8}$ по (38)	$\frac{r}{r_0}$	$\frac{v_0}{v}$ , ураган «Дейси»	$\left(\frac{r_0}{r}\right)^{0,8}$ по (38)
1	1	1	3,33	0,4915	0,3820
1,11	0,8474	0,9199	3,61	0,4746	0,3581
1,39	0,7458	0,7684	3,89	0,4576	0,3373
1,67	0,6610	0,6635	4,17	0,4237	0,3191
1,94	0,5763	0,5885	4,44	0,4068	0,3034
2,22	0,5593	0,5283	4,72	0,3898	0,2890
2,5	0,5424	0,4804	5,00	0,3729	0,2759
2,78	0,5254	0,4413	5,28	0,3390	0,2642
3,05	0,5085	0,4098	5,55	0,3220	0,2598

При анализе этой таблицы следует иметь в виду, что экспериментальный профиль окружной скорости получен с некоторой неизвестной погрешностью. С учетом этого замечания следует признать, что радиальный профиль окружной скорости урагана «Дейси» описывается формулой (38) при  $n = 0,8$ .

В [12] показано, что смерчи и ураганы находятся в устойчивом состоянии и обладают огромной разрушительной силой тогда, когда радиальный профиль  $\omega_z$  имеет область отрицательных значений наряду с областью положительных значений. В данном случае, когда  $n = 0,8$ , радиальный профиль  $\omega_z$  для урагана «Дейси» не имеет области своих отрицательных значений (см. рис. 2), так как в период измерений ураган находился в стадии неполной зрелости [13]. Но из рисунка 2 следует, что при  $R = 9 \cdot 10^4$  величина  $\omega_z$  практически равна нулю, поэтому эту величину примем за радиус рассматриваемого изолированного вихря.

Итак, для вычисления вихревой вязкости имеем:  $v_0 = 59$  м/с,  $r_0 = 1,8 \cdot 10^4$ ,  $R = 9 \cdot 10^4$  м,  $n = 0,8$ ,  $\kappa = 0,4$ . Подстановка этих данных в (40) приводит к величине  $v_0 = 12,804 \cdot 10^4$  м/с, вследствие чего вихревое число Рейнольдса, вычис-

ленное как  $Re_0 = \frac{v_0 r_0}{\nu_0}$ , оказывается равным 8,3 (см.: [12]).

Теперь вспоминаем, что  $k = \frac{1}{Re_0}$ , задаваясь числами  $Re_0 = 8,3$  и  $b_1 = 0,4$ , решаем уравнение (58) относительно эмпирической константы  $c$ . После вычисления величины  $c$  из уравнения (57) получаем числовое значение  $a_1$ . Результаты таких расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2

$b_1$	4,3	4,3
$c$	1,7170	-1,3709
$a_1$	-3,9601	4,9601

Уравнение (58) оказалось квадратичным относительно величины  $c$ , поэтому эта величина имеет два значения — положительное и отрицательное, соответственно, два значения имеет и  $a_1$ .

Данные таблицы 2 позволяют произвести вычисления гидродинамических величин по формулам (59).

Из анализа данных таблицы 2 возникает вопрос о физическом смысле отрицательного значения эмпирической константы  $c$ . В [6]–[7] автором доказано, что отрицательные значения  $c$  описывают замедленные движения в рамках второго закона Ньютона, а положительные значения  $c$  — ускорительные.

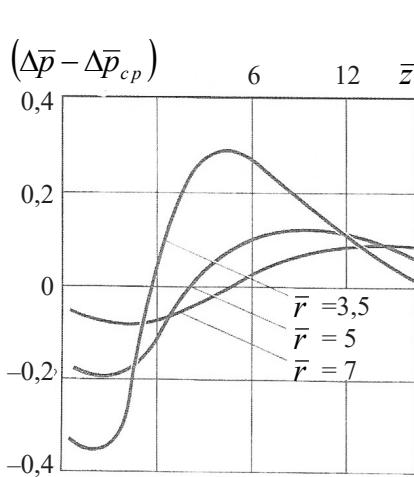
В рассматриваемой задаче определить физический смысл константы  $c$  поможет анализ выражения для перепада давления  $\Delta\bar{p}$ , которое приведено в наборе формул (59). Действительно, константа  $c$  является множителем первого слагаемого в выражении для  $\Delta\bar{p}$ . Это слагаемое при определенных

значениях  $\bar{z}$  может при разных значениях  $\bar{r}$  давать основной вклад в числовые значения  $\Delta\bar{p}$ , и число  $c$  будет определять знак этого вклада.

Действительно, расчеты  $\Delta\bar{p}$  по (59) при  $c = -1,3709$  показывают, что при  $\bar{z} = 1$  вблизи максимума окружной скорости величина  $\Delta\bar{p}$  положительна, далее она заходит в отрицательную область и затем стремится к нулю. С ростом же значений  $\bar{z}$  исчезает область отрицательных значений  $\Delta\bar{p}$ , т. е. внутри вихря имеет место превышение давления. В метеорологии такое вращательное движение называется антициклоническим. Аналогичные расчеты  $\Delta\bar{p}$  при  $c = 1,7170$  показывают, что внутри вихря давление меньше давления в окружающей среде. Это — пример циклонического вращения.

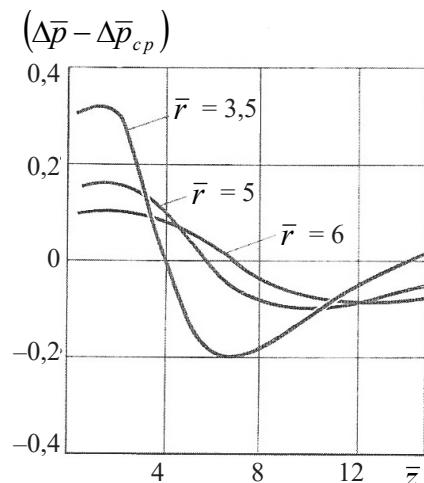
Таким образом, для правильного восстановления гидродинамической структуры урагана, кроме профиля окружной скорости, необходимо иметь профиль  $\Delta\bar{p}$ , который определит тип вращения в вихре.

Ранее в [12] показано, что в изолированных вихрях возникают волны давления, направленные вдоль вертикальной оси. Для исследования этого обстоятельства профили  $\Delta\bar{p}$  из (59) вычислялись для пятнадцати значений  $\bar{z}$ . Далее при фиксированных радиусах по этим высотам вычислялись  $\Delta\bar{p}_{cp}$  (среднее значения), после чего строились графики (см. рис. 4 и 5) величин  $(\Delta\bar{p} - \Delta\bar{p}_{cp})$  как функции  $\bar{z}$  при фиксированных  $\bar{r}$ . Расчеты показали, что величина  $(\Delta\bar{p} - \Delta\bar{p}_{cp})$  как функция  $\bar{z}$  имеет колебательный характер вблизи радиуса урагана ( $\bar{r} > 4$ ), а вблизи оси вихря ( $\bar{r} < 4$ ) колебательный характер исчезает (см. рис. 4 и 5).



**Рис. 4.** Волны давления (антициклоническое вращение):

$$Re_0 = 8,3; b_1 = 4,3, \\ c = -1,3709; a_1 = 4,9601$$



**Рис. 5.** Волны давления (циклоническое вращение):

$$Re_0 = 8,3; b_1 = 4,3, \\ c = 1,7170; a_1 = -3,9601$$

Расчеты и графики на указанных рисунках свидетельствуют о различии характера изменения величины  $(\Delta\bar{p} - \Delta\bar{p}_{cp})$  от координаты  $\bar{z}$  при антициклическом и циклоническом вращениях.

### Заключение

При составлении из данного методического материала контента лекции необходимо сложные математические выкладки перенести на самостоятельную работу студентов, а фактический материал изложить на лекции.

### Литература

1. *Бубнов В.А.* Метод интегральных соотношений в задаче о взаимодействии вихревой нити с плоскостью / В.А. Бубнов, Р.Т. Галиуллин // Вопросы транспорта газа. М.: ВНИИГАЗ, 1985. С. 75–86.
2. *Бубнов В.А.* О монотонных решениях в задаче о взаимодействии вихревой нити с плоскостью / В.А. Бубнов, И.З. Габдуллин, Р.Т. Галиуллин // Прикладные вопросы аэродинамики: сб. научн. тр. Киев: Наукова думка, 1987. С. 82–85.
3. *Бубнов В.А.* Об одной форме уравнений турбулентности // Гидродинамика и теория упругости. Вып. 32. Днепропетровск: ДГУ, 1984. С. 29–36.
4. *Бубнов В.А.* Об изменении плотности в гидродинамическом потоке / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2014. № 4 (16). С. 9–20.
5. *Бубнов В.А.* Об одном толковании второго закона Ньютона / В.А. Бубнов // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2016. № 4 (24). С. 9–20.
6. *Бубнов В.А.* Об ускорительных и замедляющих движениях в рамках второго закона Ньютона / В.А. Бубнов // Потенциал. 2017. № 4. С. 76–80.
7. *Бубнов В.А.* Гидродинамика: Механика частицы жидкости / В.А. Бубнов. М.: Ленанд, 2018. 304 с.
8. *Гольдштук М.А.* Вихревые потоки / М.А. Гольдштук. Новосибирск: Наука, 1984. 365 с.
9. *Дородницын А.А.* Об одном методе решения уравнений ламинарного пограничного слоя / А.А. Дородницын // Прикладная мех. и тех. физ. 1960. № 3. С. 111–118.
10. *Кочин Н.Е.* Теоретическая гидромеханика / Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе, под ред. И.А. Кибела; Гос. изд. физ.-мат. литературы. Ч. II. 4-е изд., перераб. и доп. М., 1963. 729 с.
11. *Предводителев А.С.* О молекулярно-кинетическом обосновании уравнений гидродинамики / А.С. Предводителев // Известия АН СССР. Отделение технических наук. 1948. № 4. С. 545–560.
12. *Bubnov V.A.* Convective Heat and Mass Transfer in Insulated Trailing Swirl / V.A. Bubnov. New-York: Begell Hause Inc. Publishers, 1998. 174 p.
13. *Gentry R.C.* Hurricane modification / R.C. Gentry // Weather and climate modification / ed. by W. Hess. New-York, 1974. P. 497–551.

### Literatura

1. *Bubnov V.A.* Metod integral'nyx sootnoshenij v zadache o vzaimodejstvii vixrevoj niti s ploskost'yu / V.A. Bubnov, R.T. Galiullin // Voprosy' transporta gaza. M.: VNIIGAZ, 1985. S. 75–86.

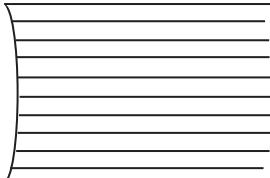
2. *Bubnov V.A.* O monotonnyx resheniyax v zadache o vzaimodejstvii vixrevoj niti s ploskost'yu / V.A. Bubnov, I.Z. Gabdullin, R.T. Galiullin // *Prikladny'e voprosy' ae'rodinamiki*: cb. nauchn. tr. Kiev: Naukova dumka, 1987. S. 82–85.
3. *Bubnov V.A.* Ob odnoj forme uravnenij turbulentnosti // *Gidrodinamika i teoriya uprugosti*. Vy'p. 32. Dnepropetrovsk: DGU, 1984. S. 29–36.
4. *Bubnov V.A.* Ob izmenenii plotnosti v gidrodinamicheskem potoke / V.A. Bubnov // *Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki»*. 2014. № 4 (16). S. 9–20.
5. *Bubnov V.A.* Ob odnom tolkovanii vtorogo zakona N'yutona / V.A. Bubnov // *Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki»*. 2016. № 4 (24). S. 9–20.
6. *Bubnov V.A.* Ob uskoritel'ny'x i zamedlyayushhix dvizheniyax v ramkax vtorogo zakona N'yutona / V.A. Bubnov // *Potencial*. 2017. № 4. S. 76–80.
7. *Bubnov V.A.* *Gidrodinamika: Mexanika chasticzy zhidkosti* / V.A. Bubnov. M.: Lenand, 2018. 304 s.
8. *Gol'dshik M.A.* *Vixrevy'e potoki* / M.A. Gol'dshik. Novosibirsk: Nauka, 1984. 365 s.
9. *Dorodniczy'n A.A.* Ob odnom metode resheniya uravnenij laminarnogo pograničnogo sloya / A.A. Dorodniczy'n // *Prikladnaya mex. i tex. fiz.* 1960. № 3. C. 111–118.
10. *Kochin N.E.* *Teoreticheskaya gidromexanika* / N.E. Kochin, I.A. Kibel', N.V. Roze, pod red. I.A. Kibelu; Gos. izd. fiz.-mat. literatury'. Ch. II. 4-e izd., pererab. i dop. M., 1963. 729 s.
11. *Predvoditelev A.S.* O molekulyarno-kineticheskom obosnovanii uravnenij gidrodinamiki / A.S. Predvoditelev // *Izvestiya AN SSSR. Otdelenie texnicheskix nauk*. 1948. № 4. S. 545–560.
12. *Bubnov V.A.* *Convective Heat and Mass Transfer in Insulated Trailing Swirl* / V.A. Bubnov. New-York: Begell Hause Inc. Publishers, 1998. 174 p.
13. *Gentry R.C.* Hurricane modification / R.C. Gentry // *Weather and climate modification* / ed. by W. Hess. New-York, 1974. P. 497–551.

### ***V.A. Bubnov***

#### **Methodical Analysis of the Hydrodynamic Structure of Vortex Filament**

In the course of general physics little attention is given to the theory of vortex motions. However, in the framework of the interdisciplinary connections between the course of general physics and discipline “Physics of natural phenomena” studied by students-geographers, the theme “A vortex thread simulating dynamic phenomena in tornadoes and hurricanes” seems to be relevant. In this regard, this work describes the methods of the analysis of the structure of vortex filament and shows the correspondence between currents in the vortex filament to currents in real hurricanes.

*Keywords:* isolated vortex; hydrodynamic characteristics; in-situ measurements in hurricanes; the vortex filament.



**АВТОРЫ «ВЕСТНИКА МГПУ»,  
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»,  
2018, № 1 (29)**

**Белисова Кристина Владиславовна** — аспирантка кафедры социально-экономической географии, геоинформатики и туризма Института математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета.

E-mail: Kristi\_belisova@mail.ru

**Бубнов Владимир Алексеевич** — доктор технических наук, профессор кафедры информатизации образования Института математики, информатики и естественных наук МГПУ, действительный член Академии информатизации образования

E-mail: vladimbubnov@yandex.ru

**Горюнова Светлана Васильевна** — доктор биологических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и прикладных технологий Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: svgor@inbox.ru

**Козаренко Александр Емельянович** — кандидат географических наук, доцент кафедры географии Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: emil52@list.ru

**Лопатников Дмитрий Леонидович** — доктор географических наук, профессор кафедры управления развитием территории и регионалистики факультета социальных наук Высшей школы экономики.

E-mail: imartos@mail.ru

**Никитина Надежда Николаевна** — учитель химии школы № 2000 города Москвы.

E-mail: nikitina-nn@list.ru

**Оржековский Павел Александрович** — доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой методики обучения химии, экологии и естествознанию Московского института открытого образования.

E-mail: p.a.orzhekovskiy@gmail.com

---

**Резанов Александр Геннадиевич** — доктор биологических наук, профессор кафедры биологии, экологии и методики обучения биологии Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: RezanovAG@ins.mgpu.ru

**Резанов Андрей Александрович** — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и методики обучения биологии Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: andreznv@mail.ru

**Семенов Василий Анатольевич** — кандидат географических наук, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин Российского государственного университета правосудия.

E-mail: emil52@list.ru

**Суздалева Антонина Львовна** — доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной экологии и охраны труда Московского энергетического института.

E-mail: svgor@inbox.ru

**Фадеева Елена Олеговна** — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

E-mail: alekto@aha.ru

**Шульгина Ольга Владимировна** — доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, заведующий кафедрой географии Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: olga\_shulgina@mail.ru

**AUTHORS**  
**of «Vestnik of Moscow City University»**  
**Series of «Natural Science», 2018, № 1 (29)**

**Belisova Kristina Vladislavovna** — a graduate student of the department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and Tourism of the Institute of Mathematics and Natural Sciences of the North Caucasus Federal University.

E-mail: Kristi\_belisova@mail.ru

**Bubnov Vladimir Alekseevich** — doctor of Technical Sciences, professor of the department of Informatization of Education of the Institute of Mathematics, Computer science and Natural sciences, MCU, full member of the Academy of Informatization of Education.

E-mail: vladimbubnov@yandex.ru

**Goryunova Svetlana Vasilievna** — doctor of Biological Sciences, professor of the department of Life Safety and Applied Technologies of the Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences of the Moscow City University.

E-mail: svgor@inbox.ru

**Kozarenko Alexander Emelianovich** — PhD (Geography), docent of the department of Geography of the Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences of the Moscow City University.

E-mail: emil52@list.ru

**Lopatnikov Dmitry Leonidovich** — doctor of Geographical Sciences, professor of the department of Management of Territorial Development and Regional Studies of the Faculty of Social Sciences of the Higher School of Economics.

E-mail: imartos@mail.ru

**Nikitina Nadezhda Nikolaevna** — the teacher of chemistry of school № 2000 of Moscow.

E-mail: nikitina-nn@list.ru

**Orzhekovsky Pavel Aleksandrovich** — doctor of pedagogical sciences, professor, head of the department of Methods of teaching chemistry, ecology and natural sciences of the Moscow Institute of Open Education.

E-mail: p.a.orzhekovskiy@gmail.com

**Rezanov Alexander Gennadievich** — doctor of Biology, professor of the department of Biology, Ecology and Methods of Teaching Biology at the Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences of Moscow City University.

E-mail: RezanovAG@ins.mgpu.ru

---

**Rezanov Andrey Alexandrovich** — PhD (Biology), docent of the department of Biology, Ecology and Methods of Teching Biology at the Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences of Moscow City University.

E-mail: andreznv@mail.ru

**Semenov Vasiliy Anatolievich** — PhD (Geography), docent of the department of General education disciplines of the Russian State University of Justice.

E-mail: emil52@list.ru

**Suzdaleva Antonina Lvovna** — doctor of Biological sciences, professor of the department of Engineering ecology and Labour Protection of the Moscow Power Engineering Institute.

E-mail: svgor@inbox.ru

**Fadeeva Elena Olegovna** — PhD (Biology), senior researcher of the A.N. Severtsov Institute of Problems of ecology and evolution of Russian Academy of sciences (RAS).

E-mail: alekto@aha.ru

**Shulgina Olga Vladimirovna** — Doctor of Historical sciences, PhD (Geography), professor, head of the department of Geography of the Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences of Moscow City University.

E-mail: olga\_shulgina@mail.ru

## Требования к оформлению статей

Уважаемые авторы!

Редакция просит вас при подготовке материалов, предназначенных для публикации в «Вестнике МГПУ», руководствоваться требованиями к оформлению научной литературы, рекомендованными Редакционно-издательским советом университета.

1. Шрифт — Times New Roman, 14 кегль, межстрочный интервал — 1,5. Поля: верхнее, нижнее и левое — по 20 мм, правое — 10 мм. Объем статьи, включая список литературы, постраничные сноски и иллюстрации, не должен превышать 40 тыс. печатных знаков (1,0 а. л.). При использовании латинского или греческого алфавита, обозначения набираются: латинскими буквами — в светлом курсивном начертании; греческими буквами — в светлом прямом. Рисунки должны выполняться в графических редакторах. Графики, схемы, таблицы нельзя сканировать.
2. Инициалы и фамилия автора набираются полужирным шрифтом в начале статьи слева; заголовок — посередине полужирным шрифтом.
3. В начале статьи после названия помещаются аннотация на русском языке (не более 500 печатных знаков) и ключевые слова (не более 5). Ключевые слова и словосочетания разделяются точкой с запятой.
4. Статья снабжается пристатейным списком литературы, оформленным в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1. – 2003 «Библиографическая запись» на русском и английском языках.
5. Ссылки на издания из пристатейного списка даются в тексте в квадратных скобках, например: [3: с. 57] или [6: т. 1, кн. 2, с. 89].
6. Ссылки на интернет-ресурсы и архивные документы помещаются в тексте в круглых скобках или внизу страницы по образцам, приведенным в ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 «Библиографическая ссылка».
7. В конце статьи (после списка литературы) указываются автор, название статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке.
8. Рукопись подается в редакцию журнала в установленные сроки на электронном носителе, без указания страниц, в сопровождении двух рецензий (внутренней и заверенной внешней), оплаченной квитанции о полугодовой подписке на журнал «Вестник МГПУ», серия «Естественные науки» (индекс 80282 в каталоге Роспечати).
9. К рукописи прилагаются сведения об авторе (ФИО, ученая степень, звание, должность, место работы, электронный адрес для контактов) на русском и английском языках.
10. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

В случае несоблюдения какого-либо из перечисленных пунктов автор обязан внести необходимые изменения в рукопись в пределах срока, установленного для ее доработки.

Более подробно о требованиях к оформлению рукописи можно узнать на сайте [www.mgpu.ru](http://www.mgpu.ru) в разделе «Документы» издательского отдела Научно-информационного издательского центра.

По вопросам публикации статей в журнале «Вестник МГПУ» серии «Естественные науки» предлагаем обращаться к главному редактору серии *Ольге Владимировне Шульгиной* ([olga\\_shulgina@mail.ru](mailto:olga_shulgina@mail.ru)).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

# Вестник МГПУ

Журнал Московского городского педагогического университета

Серия «*Естественные науки*»

2018, № 1 (29)

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации:  
ПИ № ФС77-62501 от 27 ноября 2015 г.

**Главный редактор:**

заведующая кафедрой географии Института математики, информатики  
и естественных наук МГПУ, доктор исторических наук,  
кандидат географических наук, профессор *О.В. Шульгина*

Главный редактор выпуска:

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник *Т.П. Веденеева*

Редактор:

*А.А. Сергеева*

Перевод на английский язык:

*А.С. Джанумов*

Корректор:

*К.М. Музамилова*

Техническое редактирование и верстка:

*О.Г. Арефьева*

**Научно-информационный издательский центр МГПУ:**

129226, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, д. 4.

Телефон: 8-499-181-50-36.

E-mail: [Vestnik@mgpu.ru](mailto:Vestnik@mgpu.ru)

Подписано в печать: 13.03.2018 г.

Формат 70 × 108 1/16. Бумага офсетная.

Объем 8,25 усл. п.л. Тираж 1000 экз.