

# ВЕСТНИК

**МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО  
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**СЕРИЯ  
«ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»**

**№ 4 (24)**

**Издается с 2008 года  
Выходит 4 раза в год**

**Москва  
2016**

**VESTNIK**

**MOSCOW CITY UNIVERSITY**

**SCIENTIFIC JOURNAL**

**NATURAL SCIENCES**

**№ 4 (24)**

**Published since 2008**

**Quarterly**

**Moscow**

**2016**

#### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

- Реморенко И.М.** ректор ГАОУ ВО МГПУ, кандидат педагогических наук, доцент, почетный работник общего образования Российской Федерации  
председатель
- Рябов В.В.** президент ГАОУ ВО МГПУ, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент РАО  
заместитель председателя
- Геворкян Е.Н.** первый проректор ГАОУ ВО МГПУ, доктор экономических наук, профессор, академик РАО  
заместитель председателя
- Гринишкун В.В.** проректор по программам развития и международной деятельности ГАОУ ВО МГПУ, доктор педагогических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

- Шульгина О.В.** заведующая кафедрой географии Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор исторических наук, кандидат географических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации  
главный редактор
- Григорьев С.Г.** директор Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАО, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации
- Бубнов В.А.** заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор технических наук, профессор, действительный член Академии информатизации образования
- Дикарев В.А.** заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности и прикладных технологий Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор технических наук, профессор
- Оржековский П.А.** заведующий кафедрой методики обучения химии, экологии и естествознанию Московского института открытого образования, доктор педагогических наук, профессор, отличник народного просвещения
- Резанов А.Г.** профессор кафедры биологии, экологии и методики обучения биологии Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор биологических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации
- Суматохин С.В.** заведующий кафедрой биологии, экологии и методики обучения биологии Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор педагогических наук, профессор, почетный работник общего образования Российской Федерации
- Чечельницкая С.М.** заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин Педагогического института физической культуры и спорта, доктор медицинских наук, профессор
- Чугунов В.А.** заведующий кафедрой высшей математики и методики преподавания математики Института математики, информатики и естественных наук ГАОУ ВО МГПУ, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

**Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Естественные научные исследования

#### БИОЛОГИЯ

- Фадеева Е.О., Бабенко В.Г.* Особенности микроструктуры дефинитивного контурного пера четырех видов врановых (Corvidae)..... 9
- Бургов Е.В.* Пространственно-функциональные структуры у муравьев *Serviformica* (Hymenoptera: Formicidae)..... 19

#### ГЕОГРАФИЯ

- Христов Т.Т.* Особенности географии въездного туризма в Индию..... 28
- Грушина Т.П.* География экологического туризма в Норвегии ..... 38

#### ФИЗИКА

- Бубнов В.А.* Об одном толковании второго закона Ньютона ..... 45
- Овсянников В.М.* Образование волн в стационарном ламинарном течении ..... 51

#### ХИМИЯ

- Салех М. Мокбель, Колосов Е.Н., Михаленко И.И.*  
Электрохимическое окисление 4- и 2,4-хлорфенолов на анодах SnO<sub>2</sub>, IrO<sub>2</sub>/Ti ..... 60

#### ЭКОЛОГИЯ

- Волкова О.Н.* Экополис как элемент биорегионального кластера ..... 73

### Междисциплинарные исследования

- Шульгина О.В., Шульгина Д.П.* Историко-географическое моделирование образа региона на примере Северо-Запада России..... 80

**Теория и методика естественнонаучного образования**

*Воробьева Т.А., Марголина И.Л.* Информационное обеспечение решения задач в области природопользования: образовательные и практические аспекты..... 91

*Солодухина Н.Н.* Применение моделирования в обучении географии в условиях реализации ФГОС основного общего образования..... 100

**Авторы «Вестника МГПУ», серия «Естественные науки», 2016, № 4 (24)..... 108**

**Требования к оформлению статей..... 112**

## CONTENTS

### Research of Natural Sciences

#### **BIOLOGY**

- Fadeeva E.O., Babenko V.G.* Peculiarities of Microstructure of the Definitive Contour Feather of the Four Species of Crow family (Corvidae)..... 9
- Burgov E.V.* The Spatial and Functional Structures at Ants *Serviformica* (Hymenoptera: Formicidae) ..... 19

#### **GEOGRAPHY**

- Khrstov T.T.* Some Features of the Geography of Inbound Tourism to India..... 28
- Grushina T.P.* Geography of Ecological Tourism of Norway ..... 38

#### **PHYSICS**

- Bubnov V.A.* On One Interpretation of Newton's Second Law ..... 45
- Ovsyannikov V.M.* Generation of the Waves in Stationary Laminar Flow..... 51

#### **CHEMISTRY**

- Saleh M. Mokbel, Kolosov E.N., Mikhailenko I.I.* Electrochemical Oxidation of 4- and 2.4-chlorophenols on Anodes  $\text{SnO}_2/\text{Ti}$ ,  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  ..... 60

#### **ECOLOGY**

- Volkova O.N.* Ecopolis as an Element of Bioregional Cluster ..... 73

### Interdisciplinary Studies

- Shulgina O.V., Shulgina D.P.* Historical and Geographical Modeling of the Region's Image on an Example of the North-West of Russia ..... 80

**Theory and Methods of Natural Sciences Education**

- Vorobyova T.A., Margolina I.L.* Information Support  
in Solving Problems in the Field of Environmental Management:  
Educational and Practical aspects ..... 91
- Solodukhina N.N.* The Use of Modeling in the Teaching Geography  
in the Conditions of Implementation of Federal State Educational  
Standard of Basic General Education ..... 100

**MCU Vestnik. Series «Natural Science» / Authors, 2016, № 4 (24)..... 108**

**Style Sheet..... 112**

Чем фундаментальнее закономерность, тем проще ее можно сформулировать.

*Петр Капица*

Ключом ко всякой науке является вопросительный знак.

*Оноре де Бальзак*

Книги нужны, чтобы напомнить человеку, что его оригинальные мысли не так уж новы.

*Авраам Линкольн*



## ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### БИОЛОГИЯ

**Е.О. Фадеева,  
В.Г. Бабенко**

#### **Особенности микроструктуры дефинитивного контурного пера четырёх видов врановых (Corvidae)**

Проведено сравнительное электронно-микроскопическое исследование тонкого строения дефинитивного контурного пера врановых с использованием сканирующего электронного микроскопа. Представленные оригинальные результаты изучения микроструктуры пера голубой сороки (*Cyanopica cyanus*) саксаульной сойки (*Podoces panderi*), клушицы (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) и черной вороны (*Corvus corone*) позволяют сделать вывод о том, что у каждого из исследованных видов врановых наряду с традиционными элементами архитектоники контурного пера имеется ряд видоспецифических микроструктурных характеристик, имеющих важное таксономическое значение.

*Ключевые слова:* врановые; электронно-микроскопическое исследование; дефинитивное контурное перо; микроструктура пера.

**В**рановые (Corvidae) — разнообразные по величине и облику птицы, населяющие самые различные природные зоны, — от арктических побережий до тропических лесов, — широко освоившие антропогенные ландшафты.

Разнообразие, повсеместное распространение врановых птиц, формирование у них целого ряда уникальных эколого-поведенческих адаптаций к изменившимся условиям существования закономерно обусловили широко развернувшееся несколько десятилетий назад изучение экологии, фауны и населения врановых. Появился ряд фундаментальных работ, посвященных экологии врановых птиц в антропогенных ландшафтах. При этом практически неизученным остается строение микроструктуры перьев врановых, несмотря на то, что исследование в данном направлении позволяет не только

эффективно диагностировать виды по перьям и их фрагментам, но и выявлять специфические элементы пера, возможно, имеющие адаптивный характер, что позволит в дальнейшем расширить представление о сложных механизмах возникновения эколого-морфологических адаптаций и внесет вклад в обоснование современной схемы морфологической радиации структуры пера.

В настоящей работе представлены результаты сравнительного электронно-микроскопического исследования тонкого строения дефинитивного контурного пера четырех видов *Corvidae*: голубой сороки (*Cyanopica cyanus*), саксаульной сойки (*Podoces panderi*), клушицы (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) и черной вороны (*Corvus corone*), что является продолжением нашего исследования по выявлению основных видоспецифических характеристик архитектоники пера врановых [2; 3; 6].

Вышеперечисленные четыре вида врановых значительно различаются по своим эколого-биологическим характеристикам. Так, **голубая сорока** (род Голубые сороки *Cyanopica*) — средних размеров, заметно меньше и изящнее обыкновенной сороки. В окраске наиболее примечателен сизовато-голубой цвет длинного хвоста и крыльев (рис. 1).



Рис. 1. Голубая сорока (*Cyanopica cyanus*). Фото В.Г. Бабенко

Голубая сорока — оседлая и кочующая птица. Населяет лиственные леса и кустарниковые заросли по речным долинам, редколесьям, встречается и в антропогенных мозаичных ландшафтах, включая городские парки. Полет ныряющий, с чередованием взмахов крыльев разной интенсивности.

**Саксаульная сойка** (род Пустынные сойки *Podoces*) — величиной со скворца. Это наиболее мелкий представитель врановых. Оседлая птица. В наибольшей степени приспособилась к наземному образу жизни в пустынях. Бегаёт очень быстро, иногда при беге помогает себе взмахами крыльев. Летает неохотно, порхающим полетом и лишь на короткие расстояния. Предпочитает держаться в грядовых и барханных песках, закрепленных кустарником.

**Клушица** (род Альпийские галки *Rufhosa*) — средних размеров птица с блестящим черным оперением. Населяет горные районы. Оседлая птица. Предпочитает безлесные горы и предгорья с вертикальными скалистыми стенками. Очень хорошо летает. Способна парить и совершать сложные фигуры в воздухе.

**Черная ворона** (род Вороны *Corvus*) внешне похожа на серую ворону, но отличается от нее сплошной черной окраской оперения. Оседлая и кочующая птица. Предпочитает лесные опушки, рощи, заросли речных долин.

В настоящее время биология вышеперечисленных видов, населяющих самые различные природные зоны Евразии, достаточно подробно исследована. Тем не менее в современных работах, приводящих подробные описания отличительных морфологических признаков в строении тела и оперении данных четырех видов, абсолютно отсутствуют сведения об особенностях строения микроструктуры перьевого покрова.

Учитывая большой интерес к таксономически важным элементам морфологии перьевого покрова птиц и тонкого строения дефинитивных перьев в частности, мы подробно исследовали ряд видоспецифических особенностей микроструктуры контурного пера вышеуказанных четырех видов врановых с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM JEOL-840A (Япония), чего до сих пор в полной мере не проводилось.

Материалом для работы послужили первостепенные маховые перья взрослых особей исследуемых видов врановых из личного коллекционного фонда В.Г. Бабенко, а также собранные авторами в ходе полевых исследований на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка (Казахстан, Алматинская область).

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 боронок были приготовлены стандартным, многократно апробированным нами методом [1–6], подробное описание которого дано нами ранее [4; 5].

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

В целом изготовлено 208 препаратов боронок контурной и пуховой частей опахала первостепенного махового пера голубой сороки, саксаульной сойки, клушицы и черной вороны, на основании которых сделано и проанализировано 805 электронных микрофотографий (электросканограмм).

Анализ полученных электросканограмм позволил подробно исследовать особенности микроструктуры контурного пера вышеуказанных четырех видов врановых и выявить ряд видоспецифических компартментов, в комплексе своем достаточно информативных с точки зрения таксономической диагностики.

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. Эффективность применения перечисленных качественных паттернов с использованием SEM в целях таксономической идентификации видов доказана нами в предыдущих работах [1; 4].

**Форма поперечного среза.** У исследуемых представителей Corvidae конфигурация поперечного среза бородки I значительно варьирует по направлению от основания бородки — места прикрепления данной бородки к стержню пера (подопахальцевая и последующая базальная части) — к ее вершине (дистальная часть).

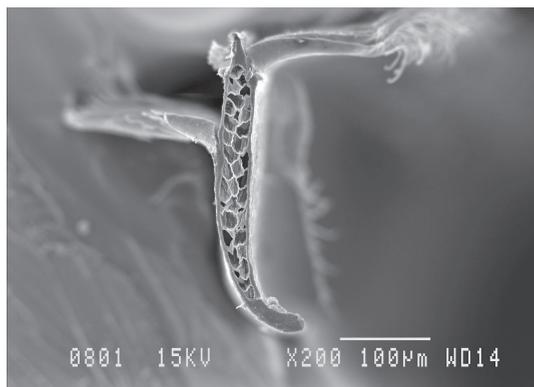
Так, поперечный срез в основании бородки I (подопахальцевая часть) имеет очень узкую удлиненную форму за счет сильного уплощения бородки с боковых сторон; асимметричность в расположении дистального и проксимального выступов выражена незначительно; сердцевина на поперечном срезе подопахальцевой части бородки отсутствует; корковый слой, полностью заполняющий внутреннюю часть бородки, имеет однородную структуру. В базальной части бородки ширина среза несколько увеличивается, однако по-прежнему сохраняется уплощенная форма среза. Дорсальный и вентральный гребни выражены незначительно, вентральный гребень отличается слегка изогнутой серповидной формой (рис. 2). У голубой сороки дорсальный гребень значительно утолщен, что отличает ее от других исследованных нами видов врановых.

Конфигурация поперечного среза вышележащих участков бородки I (медиальная и дистальная части) претерпевает значительные изменения. Длина уменьшается, увеличивается ширина, за счет чего форма бородки I на поперечном срезе приобретает округлые очертания.

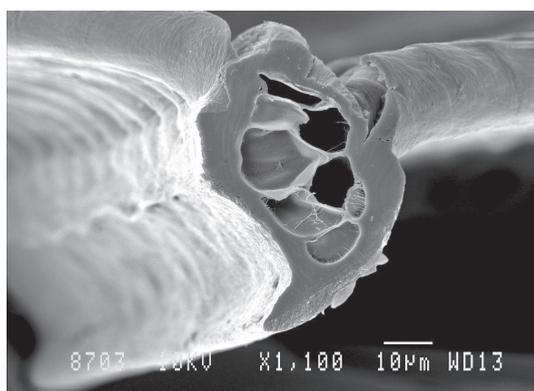
В дистальной части бородки окончательно формируется ее округлая форма на поперечном срезе (рис. 3).

**Сердцевина на поперечном срезе бородки I,** начиная с базальной части и на всем последующем протяжении, хорошо развита, почти полностью заполняя внутреннюю часть бородки. Лишь у саксаульной сойки сердцевина в основании базальной части (проксимальный участок) развита слабо и носит фрагментарный характер.

У всех четырех исследованных видов Corvidae сердцевина имеет ячеистую, однорядную в основании базальной части, структуру. Далее, на всем протяжении бородки, сердцевина остается однорядной у саксаульной сойки; у голубой сороки сердцевинный тяж приобретает одно-двухрядное строение; у клушицы и черной вороны — двух-трехрядную структуру.



**Рис. 2.** Электросканограмма поперечного среза базального участка бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера клушицы (*Pyrrhonorax pyrrhonorax*). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 200$

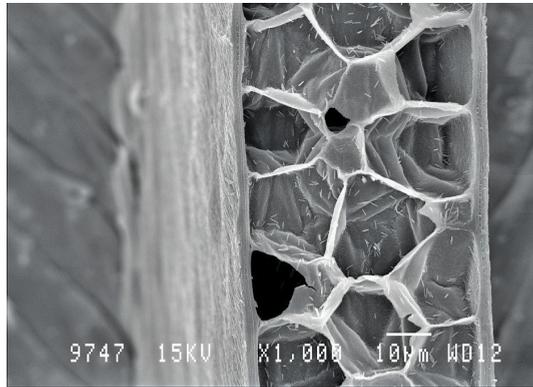


**Рис. 3.** Электросканограмма поперечного среза дистального участка бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера голубой сороки (*Cyanopisca cyanus*). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 1100$

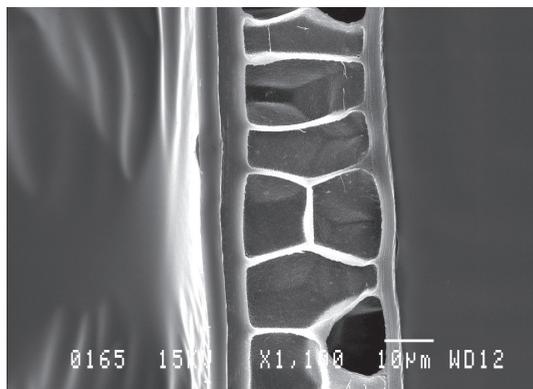
Форма сердцевинных полостей варьирует: от более округлых, с ровными краями стенок (у саксаульной сойки и черной вороны), до продольно вытянутых ячеек, с волнистыми краями (у клушицы). У голубой сороки в структуре сердцевинного тяжа наряду с округлыми полостями отмечено наличие уплощенных сердцевинных ячеек со слабоволнистыми стенками.

В каркасе воздухоносных полостей у всех четырех исследованных видов отмечены тонкие нитчатые выросты в проксимальном участке базальной части бородки, а также гранулы пигмента, в большом количестве встречающиеся практически на всем протяжении бородки I у клушицы и черной вороны, редко встречающиеся у саксаульной сойки и практически отсутствующие у голубой сороки.

**Сердцевина на продольном срезе** также характеризуется наличием нитей в каркасе полостей и пигментными гранулами на стенках сердцевинных полостей (за исключением голубой сороки), а также некоторым разнообразием формы сердцевинных полостей: округлые у голубой сороки, клушицы (рис. 4) и черной вороны; совокупность округлых и продолговатых, с преобладанием последних — у саксаульной сойки (рис. 5).



**Рис. 4.** Электросканограмма сердцевины на продольном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера клушицы (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. × 1000

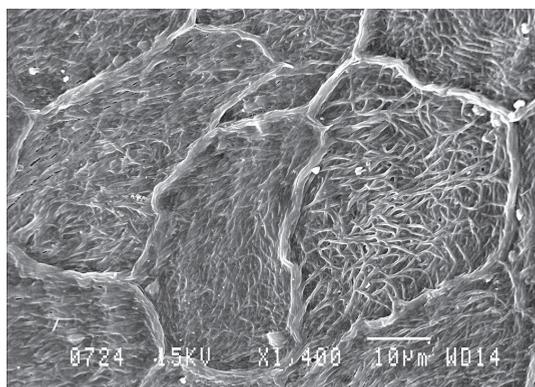


**Рис. 5.** Электросканограмма сердцевины на продольном срезе базальной части бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера саксаульной сойки (*Podoces panderi*). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув. × 1100

**Структура кутикулярной поверхности** бородки I отчетливо просматривается на всей площади обеих боковых поверхностей вентрального гребня. При этом орнамент рельефа кутикулярной поверхности претерпевает заметные изменения по направлению от основания бородки к ее вершине. Кроме того, отмечены различия в конфигурации кутикулярных клеток каждой боковой

поверхности вентрального гребня (дистальной и проксимальной). Вследствие вышеизложенного, для сравнительного анализа нами был выбран конкретный участок кутикулярной поверхности — дистальная сторона базальной части бородки I.

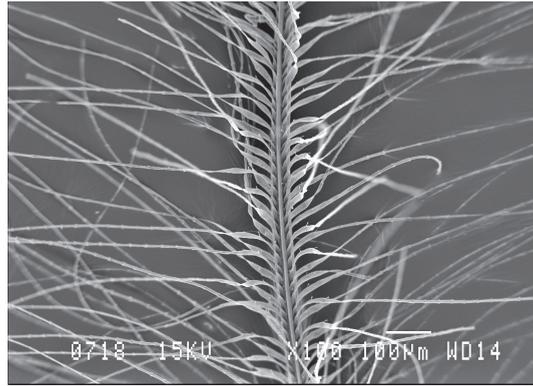
У большинства исследованных видов врановых клетки кутикулы округлые, четко выраженной пяти-шестиугольной формы; у голубой сороки — удлиненные. Края кутикулярных клеток утолщенные, вследствие чего границы между клетками хорошо различимы. Особенно высокие края клеток кутикулы у голубой сороки, клушицы и черной вороны (рис. 6). Поверхность клеток кутикулы у большинства исследованных видов имеет сглаженный волокнистый рельеф. При этом у клушицы и черной вороны в рельефе кутикулярной поверхности отмечено рыхлое переплетение волокон (рис. 6), у саксаульной сойки — достаточно плотное; кроме того, у саксаульной сойки на поверхности отдельных кутикулярных клеток заметны перинуклеарные области. Кутикулярная поверхность бородки I у голубой сороки отличается ворсистым рельефом, образованным совокупностью волокон и отдельными скоплениями низких игольчатых выростов кутикулы.



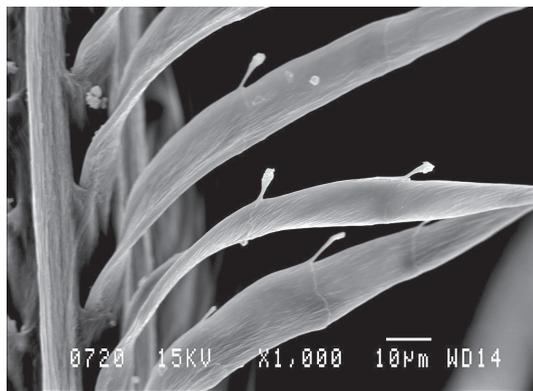
**Рис. 6.** Электросканограмма кутикулярной поверхности бородки первого порядка контурной части опахала первостепенного махового пера черной вороны (*Corvus corone*). Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 1400$

**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 (рис. 7).

Таксономически значимой особенностью в структуре базальных клеток является наличие специфических выростов-ворсинок базальной клетки — виллисов [2; 3; 6]. У изученных нами видов врановых, за исключением саксаульной сойки, базальные клетки бородок II пуховой части первостепенных маховых перьев не содержат выростов, однако наличие виллисов отмечено в структуре базальных клеток пуховых бородок покровных перьев всех четырех исследованных видов (рис. 8).



**Рис. 7.** Электросканограмма тонкого строения пуховой части опахала покровного пера черной вороны (*Corvus corone*): бородка первого порядка и отходящие от нее в обе стороны бородки второго порядка. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 100$

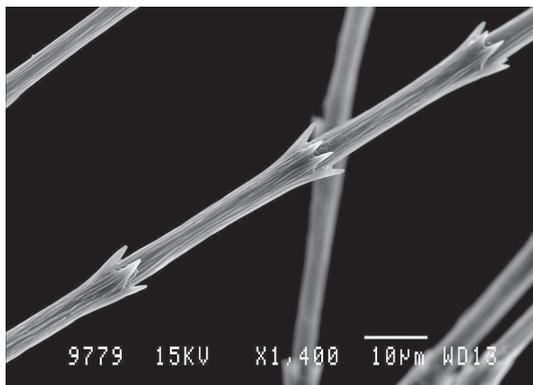


**Рис. 8.** Электросканограмма тонкого строения пуховой части опахала покровного пера черной вороны (*Corvus corone*): базальные клетки пуховой бородки и их специфические выросты — виллисы. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 1000$

У всех изученных видов поверхность кутикулы сегментированного отдела (узлов и междоузлий) пуховых бородок покрыта фибриллярной исчерченностью, выраженной в разной степени — неотчетливой (голубая сорока, саксаульная сойка), хорошо различимой (черная ворона), очень рельефной (клушица).

Ряд специфических характеристик выявлен при сопоставлении конфигурации узлов в проксимальном отделе пуховых бородок. У большинства видов апикальная часть сегмента почти не расширена, и междоузлие плавно переходит в узел зубчатой формы (голубая сорока, клушица и черная ворона). И только у саксаульной сойки узлы расширены и отличаются своеобразной бокаловидной формой. Кроме того, у саксаульной сойки в проксимальном отделе пуховых бородок покровных перьев также выявлена нехарактерная для врановых форма узлов — чашеобразная. У большинства видов узлы имеют четыре-пять заостренных зубцов

свободного края (голубая сорока, клушица и черная ворона) (рис. 9). Исключение составляет саксаульная сойка, имеющая пять-шесть зубцов свободного края узла в проксимальном отделе пуховых бородок.



**Рис. 9.** Электросканограмма тонкого строения пуховой части опахала контурного пера клушицы (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*): конфигурация апикального края сегмента в проксимальном отделе пуховых бородок — узлы зубчатой формы. Сканирующий электронный микроскоп (JEOL-840A), ув.  $\times 1400$

Зубцы имеют коническую форму у большинства исследованных видов (саксаульная сойка, клушица и черная ворона), причем у саксаульной сойки короткие заостренные конические зубцы. Иная, шиповидная, форма относительно коротких зубцов отмечена у голубой сороки.

У некоторых видов зубцы незначительно отходят в стороны от продольной оси пуховых бородок (голубая сорока), но у других видов они отклоняются от оси бородки под углом  $30^\circ$  (саксаульная сойка, клушица и черная ворона) (рис. 9).

Таким образом, в результате проведенного нами исследования микроструктуры первостепенного махового пера голубой сороки, саксаульной сойки, клушицы и черной вороны впервые выявлены качественные паттерны, в комплексе своем достаточно информативные с точки зрения таксономической диагностики. Результаты исследования могут быть использованы для определения направленности и динамики сложной радиации морфологических и адаптационных изменений микроструктуры пера в филогенезе птиц.

### Литература

1. Бабенко В.Г., Фадеева Е.О. Особенности тонкого строения пера курообразных (Galliformes) в контексте проблемы таксономической идентификации птиц // Вестник МГПУ. Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 1 (17). С. 40–46.
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.* Особенности микроструктуры первостепенного махового пера галки (*Corvus monedula*) // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 1 (17). С. 47–52.
4. *Фадеева Е.О.* Диагностические возможности контурного пера птиц на основе его микроструктуры // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 4 (20). С. 67–77.
5. *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.
6. *Фадеева Е.О., Бабенко В.Г.* Архитектоника дефинитивного контурного пера Врановых (*Corvidae*) // Врановые птицы Северной Евразии. Омск: Полиграфический центр. 2010. С. 143–146.

### *Literatura*

1. *Babenko V.G., Fadeeva E.O.* Osobennosti tonkogo stroeniya pera kuroobrazny'x (Galliformes) v kontekste problemy' taksonomicheskoy identifikacii pticz // Vestnik MGPU. Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 1 (17). S. 40–46.
2. *Fadeeva E.O.* Osobennosti tonkogo stroeniya definitivnogo konturnogo pera vranovy'x (*Corvidae*) // E'kologiya, e'voluciya i sistematika zhivotny'x: materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ryazan': NP «Golos gubernii», 2012. S. 383–384.
3. *Fadeeva E.O.* Osobennosti mikrostruktury' pervostepenno go pera galki (*Corvus monedula*) // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 1 (17). S. 47–52.
4. *Fadeeva E.O.* Diagnosticheskie vozmozhnosti konturnogo pera pticz na osnove ego mikrostruktury' // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 4 (20). S. 67–77.
5. *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.
6. *Fadeeva E.O., Babenko V.G.* Arxitektonika definitivnogo konturnogo pera Vranovy'x (*Corvidae*) // Vranovy'e pticzy' Severnoj Evrazii. Omsk: Poligraficheskij centr, 2010. S. 143–146.

***E.O. Fadeeva,  
V.G. Babenko***

### **Peculiarities of Microstructure of the Definitive Contour Feather of the Four Species of Crow Family (*Corvidae*)**

The authors conducted the comparative electron microscope research of the fine structure of the definitive contour feather of crow family (*Corvidae*) with the use of scanning electron microscope. Original results on the research of feather microstructure of the blue magpie (*Cyanopica cyanus*), saksaul jay (*Podoces panderi*), chough (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*), black crow (*Corvus coron*), presented by the authors, allow us to draw a conclusion that each of the studied species of crow family along with traditional elements of architectonics of contour feathers has several species-specific microstructural patterns which have the important taxonomic significance.

*Keywords:* crow family; electron microscopic research; definitive contour feather; feather microstructure.

Е.В. Бургов

## Пространственно-функциональные структуры у муравьев *Serviformica* (Hymenoptera: Formicidae)

Описаны модельные поселения *Serviformica* (*Formica*: Formicidae), *F. cunicularia* и *F. cinerea*. Получены данные по динамике комплексов гнезд, особенностям гнездостроения, специфике фуражировки двух видов. Впервые описан процесс социотомии *F. cunicularia*, перестроение семьей этого вида секционного гнезда в капсулу и наоборот. Проведен сравнительный анализ гнездовых структур основных модельных видов, их динамических характеристик. Описаны случаи формирования надсемейных структур у *F. cunicularia*. Показано, что основная форма существования социума у этого вида — одинарная семья (семья-колонна). Временная надсемейная структура, возникающая в процессе социотомии, — эфемерная колония. Проведен сравнительный анализ пространственно-функциональных структур *Formica*.

*Ключевые слова:* муравьи *Serviformica*; пространственно-функциональные структуры.

Муравьи рода *Formica* (Hymenoptera: Formicidae) широко распространены в пределах Голарктики [5; 13]. Их поселения принимают различные формы: от отдельных семей небольшой численности до крупных и устойчивых комплексов гнезд [8]. Муравьи *Formica* оказывают комплексное положительное воздействие на лесные сообщества [4]. Род включает четыре подрода: *Formica* s. str., *Serviformica*, *Coptoformica* и *Raptiformica* [5]. Наиболее заметной группой внутри данного рода являются рыжие лесные муравьи (подрод *Formica* s. str., группа *Formica rufa*). Они традиционно выступают в качестве основных модельных объектов при описании развитых социальных структур [8; 9].

Виды подрода *Serviformica* (*Formica*: Formicidae) по сравнению с другими муравьями рода *Formica* исследованы недостаточно. Очевидна нехватка информации о существовании и структуре развитых и высокоорганизованных поселений *Serviformica*. Небольшие семьи данного подрода широко распространены и так или иначе оказывались в поле зрения мирмекологов. Но наряду с одиночными небольшими гнездами муравьи *Serviformica* способны формировать и крупные агрегации гнезд, суммарное население которых может превышать миллион муравьев-имаго [4]. Исследование социальных структур наименьшей мощности не дает полного представления о функциональных возможностях видов. Это делает исследование развитых одновидовых комплексов гнезд *Serviformica* важным и актуальным.

Среди *Formica* муравьи *Serviformica* оказываются единственной группой видов, способных к самостоятельному основанию семей. Их молодые оплодотворенные самки, сбросив крылья, находят укрытия и сооружают в них свои первые гнездовые камеры. В них они откладывают яйца и самостоятельно выращивают первое поколение рабочих [8]. Самки других видов *Formica* не способны основать новую семью таким способом. Появление муравейников других *Formica* становится возможным путем временного социального паразитизма на основе поселения *Serviformica*. У видов — социальных паразитов (*Formica* s. str., *Coptoformica*, *Raptiformica*) самки попадают в муравейник вида-хозяина (*Serviformica*) и замещают в нем местных самок. Рабочие вида-хозяина принимают самку социального паразита и помогают ей выращивать потомство [14]. Таким образом, способность самостоятельного основания семей делает виды *Serviformica* базовыми в сообществах *Formica*.

Подрод достаточно представлен в мирмекофауне России: на ее территории обитает около 20 видов *Serviformica*. Из них на границе лесной и лесостепной зон наиболее обычны *F. rufibarbis*, *F. cunicularia*, *F. fusca*, *F. cinerea*. Эти виды отличаются по экологическим предпочтениям, структуре поселений, стереотипам гнездостроения и другим характеристикам [5; 10].

Внутри подрода сильно варьирует уровень сложности одновидовых поселений. В качестве основных модельных видов в данной работе были выбраны *F. cunicularia* и *F. cinerea*. Их социальные структуры меняются в зависимости от численности особей в семье и принимают различные формы, характерные для представителей всего подрода *Serviformica* [10; 15]. Семьи обоих видов имеют возможность существовать при небольшой численности особей в простых секционных гнездах. С увеличением численности особей в поселении его структура усложняется. Данные о процессах трансформации семей и надсемейных структур *Serviformica* фрагментарны и недостаточны для формирования полного представления о биологии рассматриваемых видов и всего подрода.

**Цель** настоящего исследования — изучение пространственно-функциональных структур поселений муравьев *Serviformica*.

**Задачи:**

1. Адаптировать методы картирования и оценки состояния поселений для работы с комплексами гнезд *Serviformica*.
2. Изучить гнездостроение модельных видов *Serviformica*.
3. Выявить внутрисемейные и надсемейные структуры у *Serviformica*.
4. Провести сравнительный анализ выявленных пространственно-функциональных структур с известными для всего рода *Formica*.

**Район, материалы и методы исследования.** Работа выполнена в Рязанской области: в Рыбновском (полигон 1), Рязанском (полигоны 2, 3, 4) и Клепиковском (полигон 5) районах в 2009–2015 гг. Полигон 5 располагался на территории национального парка «Мещерский».

Таблица 1

## Модельные полигоны и комплексы муравейников

Полигон	Комплекс	Основной модельный вид	Адм. район, ближайший населенный пункт	Растительное сообщество	Почва
1	<i>Fc1</i>	<i>F. cunicularia</i>	Рыбновский, д. Сидоровка	Березово-осиновая лесополоса	Суглинок
2	<i>Fc2</i>	<i>F. cunicularia</i>	Рязанский, г. Рязань	Березовая роща	Суглинок
3	<i>Fc3</i>	<i>F. cunicularia</i>	Рязанский, с. Алеканово	Злаково-клубничное разнотравье	Супесь
4	<i>Fcin0</i>	<i>F. cinerea</i>	Клепиковский, д. Гришино	Сосняк мертвопокровный	Песок
5	<i>Fcin1</i>	<i>F. cinerea</i>	с. Агропустынь	Злаковое разнотравье	Песок

Основой для настоящей работы послужило картирование комплексов гнезд, расположенных на модельных полигонах, и мониторинг их состояния. Кроме того, использовались данные об одиночных гнездах модельных видов вне этих комплексов. Картирование и обследование комплексов, измерение гнезд проводилось по стандартным методикам [10].

Для изучения внутренней структуры гнезд использовали методику полной раскопки гнезд [7]. В отдельных случаях для того, чтобы минимизировать урон, наносимый муравейникам, выполняли их разрезы в разных плоскостях с последующим восстановлением формы.

При раскопке жилых гнезд производили полную выборку населения. В ходе регулярного контроля изменений структуры модельных комплексов отмечали факты деления семей (социотомии) и по возможности описывали сам процесс. При невозможности выполнения такого описания регистрировали результаты социотомии: пропорции деления материнской семьи и характер взаимодействия между ней и отводком либо между фрагментами.

### Результаты и обсуждение

**Особенности гнездостроения *Serviformica*.** Часто первым жилищем для семьи *Serviformica* является *гнездо-полость*. Оно представляет собой одну камеру, в которой самка-основательница выращивает свое первое потомство [5].

Рост семьи создает необходимость расширения гнезда: формируется *секционное гнездо*. Оно состоит из стереотипных элементов-секций: групп камер, соединенных общим вертикальным стволом (рис. 1 А). Для некоторых *Serviformica* этот тип гнезда становится основным. Например, семьи *F. cinerea* и *F. imitans* любой численности живут в секционных гнездах [5; 9].

С ростом семьи *F. cinerea* в гнезде постепенно увеличивается количество секций. Они соединяются горизонтальными тоннелями или (реже) наземными дорогами, иногда врезанными в почву (рис. 1 А–Г). В гнездах *F. cinerea* почти не используются растительные элементы. Иногда крупные камеры располагаются в корнях растений, по-видимому, для укрепления их сводов.

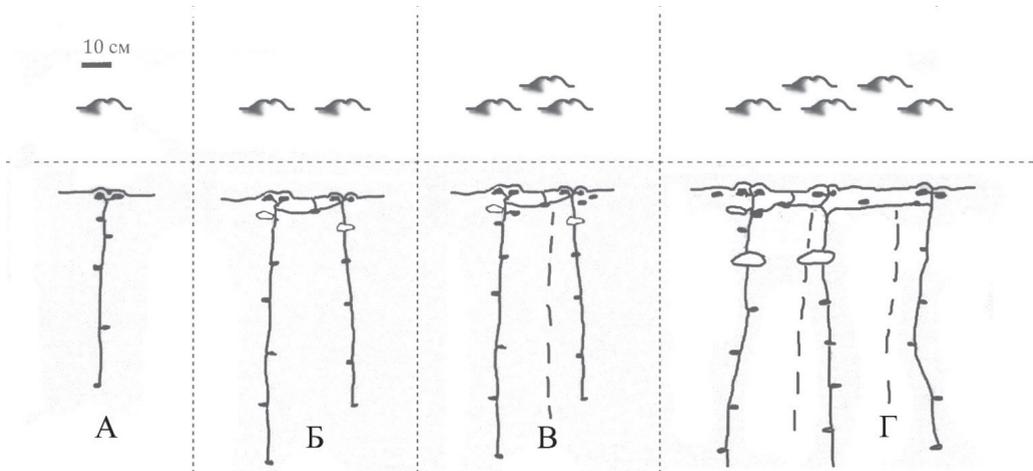


Рис. 1. Развитие секционного гнезда *F. cinerea*:

Верхний ряд — внешний вид кратеров, нижний ряд — схемы вертикальных срезов гнезд.  
Белым цветом на последних обозначены расплодные камеры

Следующий этап усложнения гнездостроения — формирование *гнезда-капсулы*. Такое гнездо имеет выраженный наземный купол (рис. 2 Д). Известны случаи развития гнезд-капсул *F. fusca*. Такое строительство становится возможным при наличии «аккумулятора тепла»: камня, пня, листа металла и т. д. [9].

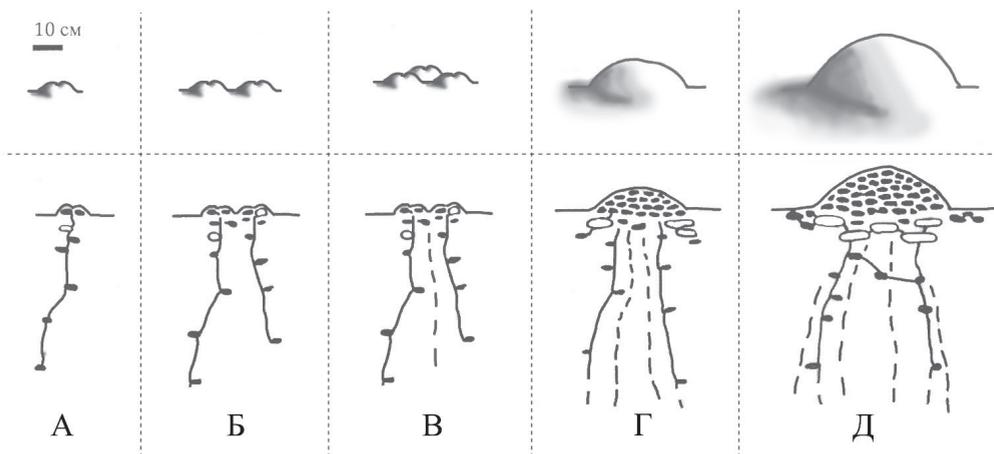


Рис. 2. Постройка гнезда-капсулы *F. cunicularia* на основе секционного

Для *F. cunicularia* также характерна смена стереотипа гнездостроения. Секционные гнезда *F. cunicularia* обычно имеют не более трех секций. Центральные стволы располагаются на расстоянии 10–15 см друг от друга. В благоприятных условиях после строительства второй-третьей секции семьи начинают возводить над ними купол гнезда. У небольших гнезд-капсул ( $d \leq 20\text{--}25$  см) расплодные камеры располагаются по краям купола. У более крупных гнезд ( $d > 25$  см) формируются общие системы камер для расплода, находящиеся под куполом или частично внутри него (рис. 2 Д). На вертикальных срезах наиболее крупных гнезд ( $d \geq 70$  см) обнаружены группы расплодных камер, соответствующие объединениям вертикальных стволов и возвышениям на куполе (рис. 3).

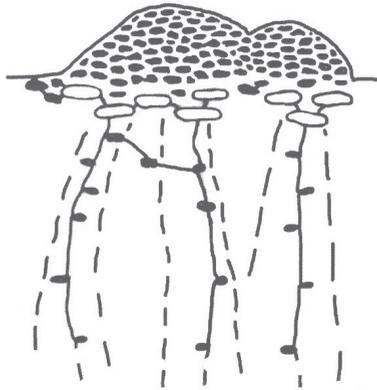


Рис. 3. Схема разреза крупнейшего описанного гнезда-капсулы *F. cunicularia*

Другие *Formica* также демонстрируют различные схемы гнездостроения. Основными гнездами для *Formica* s. str и *Coptiformica* являются капсулы. Купола гнезд-капсул этих муравьев могут состоять из почвенных частиц, хвои, травы, веток, других растительных элементов. Под куполом располагается система тоннелей — подземная часть. Смена стереотипа гнездостроения может быть связана с возведением вспомогательных гнезд. Последние обычно не имеют подземной части и используются в качестве кормовых или промежуточных. Они являются местом базирования фуражиров или временным укрытием для носильщиков [2; 5; 9].

**Размер семьи, внутрисемейные структуры *Serviformica*.** Описаны три уровня внутрисемейных структур у муравьев: *клан*, *колонна*, *плеяда*. Первый структурный уровень — *клан*. Он основан на индивидуальных взаимодействиях рабочих и организован иерархически. Это возможно благодаря небольшим размерам семьи-клана [8]. Соответственно, все семьи, основанные самостоятельно самками *Serviformica*, проходят этот структурный уровень.

С ростом численности особей в семье формируется несколько кланов рабочих. Общая репродуктивная сфера (самка (и), расплод и молодые рабочие) объединяет эти кланы в *колонну*. Одиарная семья (семья-колонна) является основной формой социума у *F. cunicularia*. Доказательством этому служит использование

ими в качестве основного способа социотомии *бинарного деления* [8]. После формирования дочернего муравейника между ним и материнским муравейником формируется временная обменная дорога. Через 2–3 недели связь прерывается, и семьи обособляются.

Третий уровень внутрисемейных структур — *плеяда*. Это система колонн внутри одного муравейника, каждая из которых имеет собственную репродуктивную сферу. Единство плеяды поддерживается благодаря постоянным обменам особями между колоннами [8]. Некоторые крупные семьи *F. cunicularia* имели устройство, аналогичное плеяде. Об этом свидетельствовало положение расплодных камер, сгруппированных внутри куполов крупных гнезд ( $d \geq 70$  см). Однако дальнейшее развитие таких семей представляло собой постепенную дестабилизацию, распад и обособление фрагментантов. Тем не менее указанные крупные гнезда существовали стабильно на протяжении нескольких лет. Возможно, в других условиях плеяды у *F. cunicularia* могут сохраняться на протяжении больших промежутков времени.

У *F. cinerea* и *F. imitans* развитие внутрисемейных структур происходит более стабильно. Полисекционный муравейник этих видов можно рассматривать как семью-плеяду. Но так как обычно она локализована в нескольких связанных секционных гнездах, а не в одной капсуле, удобнее использовать термин «поликалическая система» [8; 9].

Для представителей подродов *Formica* s. str., *Coptoformica* характерны более крупные семьи. Начальный уровень численности измеряется сотнями и тысячами особей. Основной формой социума у многих видов становится семья-плеяда. Максимальный уровень численности особей в семье зарегистрирован у рыжих лесных муравьев: более 7 млн особей [10].

**Одновидовые комплексы, надсемейные структуры *Serviformica*.** Результатом реализации всех описанных выше особенностей семей модельных видов является форма поселения. Особенно важно, как говорилось ранее, описание структуры сложно организованных поселений высокой мощности.

Развитие поселений *F. cunicularia* в целом проходит по единой схеме: самостоятельное основание семьи → трансформация секционного гнезда в капсулу → социотомия → формирование самостоятельных муравейников с перекрывающимися кормовыми участками. Описаны временные надсемейные структуры *F. cunicularia* — *эфмерные колонии*. Они представляют собой системы из связанных временной дорогой материнского и дочернего муравейников. После обособления семьи могут конфликтовать, возможны межсемейные сражения. Развитие комплексов этого вида может ограничиваться в том числе межсемейными взаимодействиями.

У *F. cinerea* и *F. imitans* обычны постоянные надсемейные структуры — *первичные федерации* [4; 9]. Развитие поселения обычно происходит по схеме: односекционное гнездо → полисекционный муравейник → федерация. Семьи, образовавшиеся в процессе социотомии, сохраняют лояльность.

Таким образом, в поселении *F. cinerea*, в отличие от *F. cunicularia*, не действуют ограничения, связанные с межсемейными конфликтами.

Для представителей *Formica* s. str. и *Coptoformica* характерны не только первичные, но и вторичные федерации. Поселения рыжих лесных муравьев обладают наибольшей численностью особей, мощностью и лесозащитным эффектом среди рода *Formica*. Межсемейная лояльность развивается у них настолько, что позволяет формировать смешанные семьи и надсемейные системы, состоящие из особей разных видов [9].

### Выводы

Возможные причины различий в структуре комплексов гнезд заключаются в устройстве одиночного гнезда и структуре кормового участка. Стереотипное строительство секций гнезд, планомерное их расширение, позволяет *F. fusca* строить аналоги гнезд капсул, а *F. cinerea* и *F. imitans* выходить на надсемейный уровень организации одновидового сообщества при сравнительно небольшой численности семей.

Показан процесс постройки гнезда-капсулы *F. cunicularia* на месте секционного гнезда, а также возвращение семьи к существованию в секционных гнездах после уменьшения численности. Строительство гнёзд-капсул на ранних этапах развития социума у *F. cunicularia* создает предпосылки для последующего обособления одинарных семей. Эти условия — концентрация гнездовых камер и населения, охрана гнезда от особей своего вида из соседних семей, повышение межсемейной агрессивности в одновидовом комплексе. Таким образом, формирование плеяд и надсемейных структур у этого вида затруднено, но возможно.

Подготовка к работе, сбор материала и обработка данных осуществлялись при научном руководстве доктора биологических наук А.А. Захарова; кандидат биологических наук А.В. Мерциев предоставил данные о местоположении основного модельного комплекса гнезд *F. cunicularia* и размерах гнезд в нем в 2003 году; Д.Н. Горюнов помог локализовать и описать комплекс гнезд *F. cinerea*. Помощь в организации работы в особо охраняемой природной территории оказала заместитель директора по науке и экологическому просвещению национального парка «Мещерский» А.Ю. Косякова. Работа поддержана РФФИ: проекты 12-04-01071, 09-04-01075.

### Литература

1. Бургов Е.В. Многовидовая ассоциация муравейников: переход из неполной в полную ассоциацию // Зоологический журнал. 2015. Т. 94. № 10. С. 1200–1210.
2. Горюнов Д.Н. Формы организации поселений у муравьев *Formica exsecta* // Успехи соврем. биол. 2007. Т. 127. № 2. С. 203–208.
3. Гринфельд Э.К. Экология муравьев заповедника «Лес на Ворскле» и его окрестностей // Уч. зап. ЛГУ. 1939. № 28. С. 207–257.

4. *Гримальский В.И., Энтин Л.И.* Серый песчаный муравей (*Formica cinerea*) в Белоруссии // Зоол. журн. 1980. Т. 59. № 8. С. 1159–1167.
5. *Длусский Г.М.* Муравьи рода Формика. М., 1967. 236 с.
6. *Длусский Г.М.* Муравьи пустынь. М.: Наука, 1981. 230 с.
7. *Dlussky G.M.* The ant subfamilies Ponerinae, Cerapachyinae, and Pseudomyrmecinae (Hymenoptera, Formicidae) in the Late Eocene Ambers of Europe // *Paleontological Journal*. 2009. № 43. P. 1043–1086.
8. *Захаров А.А.* Организация сообществ муравьев. М.: Наука, 1991. 278 с.
9. *Захаров А.А.* Муравьи лесных сообществ, их жизнь и роль в лесу. М: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 404 с.
10. *Захаров А.А., Длусский Г.М., Горюнов Д.Н., Гилев А.В., Зрянин В.А., Федосеева Е.Б., Гороховская Е.А., Радченко А.Г.* Мониторинг муравьев Формика. М.: КМК, 2013. 99 с.
11. *Мариковский П.И.* Муравьи пустынь Семиречья. Алма-Ата: Наука, 1979. 246 с.
12. *Резникова Ж.И.* Межвидовые взаимоотношения у муравьев. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
13. *Bolton B.* F taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae) // *J. of natural history*. 1995. Vol. 29. P. 1037–1056.
14. *Hölldobler B., Wilson E.O.* The ants // Harvard University Press. Cambridge, Mass, 1990. 732 p.
15. *Lindström K., Berglund A., Pamilo R.* Variation of colony types in the ant *Formica cinerea* // *Ins. Soc.* 1996. № 43. P. 329–332.

### Literatura

1. *Burgov E.V.* Mnogovidovaya asociaciya muravejnikov: perexod iz nepolnoj v polnuyu asociaciju // *Zoologicheskij zhurnal*. 2015. Т. 94. № 10. S. 1200–1210.
2. *Goryunov D.N.* Formy' organizacii poselenij u murav'ev *Formica exsecta* // *Uspexi sovrem. biol.* 2007. Т. 127. № 2. S. 203–208.
3. *Grinfel'd E'K.* E'kologiya murav'ev zapovednika «Les na Vorskle» i ego okrestnostej // *Uch. zap. LGU*. 1939. № 28. S. 207–257.
4. *Grimal'skij V.I., E'ntin L.I.* Sery'j peschany'j muravej (*Formica cinerea*) v Belorussii // *Zool. zhurn.* 1980. Т. 59. № 8. S. 1159–1167.
5. *Dlusskij G.M.* Murav'i roda Formika. М., 1967. 236 с.
6. *Dlusskij G.M.* Murav'i pusty'n'. М.: Nauka, 1981. 230 с.
7. *Dlussky G.M.* The ant subfamilies Ponerinae, Cerapachyinae, and Pseudomyrmecinae (Hymenoptera, Formicidae) in the Late Eocene Ambers of Europe // *Paleontological Journal*. 2009. № 43. P. 1043–1086.
8. *Zaxarov A.A.* Organizaciya soobshhestv murav'ev. М.: Nauka, 1991. 278 с.
9. *Zaxarov A.A.* Murav'i lesny'x soobshhestv, ix zhizn' i rol' v lesu. М.: Tovari-shhestvo nauchny'x izdanij KMK, 2015. 404 с.
10. *Zaxarov A.A., Dlusskij G.M., Goryunov D.N., Gilev A.V., Zryanin V.A., Fedoseeva E.B., Goroxovskaya E.A., Radchenko A.G.* Monitoring murav'ev Formika. М.: КМК, 2013. 99 с.
11. *Marikovskij P.I.* Murav'i pusty'n' Semirech'ya. Alma-Ata: Nauka, 1979. 246 с.
12. *Reznikova Zh.I.* Mezhhvidovy'e vzaimootnosheniya u murav'ev. Novosibirsk: Nauka, 1983. 208 с.
13. *Bolton B.* F taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae) // *J. of natural history*. 1995. Vol. 29. P. 1037–1056.

14. Hölldobler V., Wilson E.O. The ants // Harvard University Press. Cambridge, Mass, 1990. 732 p.
15. Lindström K., Berglind A., Pamilo R. Variation of colony types in the ant *Formica cinerea* // Ins. Soc. 1996. № 43. P. 329–332.

*E.V. Burgov*

### **The Spatial and Functional Structures at Ants *Serviformica* (Hymenoptera: Formicidae)**

The author described model settlements of *Serviformica* (*Formica*: *Formicidae*), *F. cunicularia* and *F. cinerea*. The data on the dynamics of complex nests, features of nest-building, specifics of foraging of the two species were obtained. For the first time the author described the process of sociotomy of *F. cunicularia*, rebuilding by the family of this species of the sectional slot into the capsule, and vice versa. A comparative analysis of the nesting structures of main model species, their dynamic characteristics has been carried out. Cases of formation of overfamily structures at *F. cunicularia*. It has been shown that the basic form of existence of the society in this species — single family (family-column). Temporary overfamily structure arising in the process of sociotomy — ephemeral colony. A comparative analysis of spatial and functional structures of *Formica* has been carried out.

*Keywords:* *Serviformica* ants; spatial and functional structures.

## ГЕОГРАФИЯ

Т.Т. Христов

### Особенности географии въездного туризма в Индию

Рассматриваются туристские ресурсы и различные виды въездного туризма в Индию. Приводится статистика туристских прибытий, описываются сдерживающие факторы для развития туризма. Подчеркивается неравномерное распределение туристских ресурсов по территории Индии, наличие специализации штатов и районов на разных видах туризма. Автор предлагает проект туристского районирования Индии.

*Ключевые слова:* Индия; туристские прибытия; география въездного туризма; туристская дестинация; туристский район.

**Т**уризм явился настоящим феноменом последних десятилетий. Бурное развитие средств транспорта, связи и информации, индустрии и дестинаций отдыха, развлечений, рост рекреационных потребностей и благосостояния населения во многих странах мира привели к резкому увеличению числа внутренних и международных туристских поездок, диверсификации видов и направлений туризма. По данным всемирной туристской организации (ЮНВТО), число международных туристских прибытий в 2015 г. достигло рекордных 1,2 млрд, увеличившись за год на 4 % [7].

Индия является важным туристским направлением в Азии, обладая уникальными природно-рекреационными и культурно-историческими ресурсами. Индия располагает тысячами километров песчаных пляжей в континентальной части, на Андаманских, Никобарских и Лаккадивских островах, горными экосистемами Гималаев, Нилгири, Западных и Восточных Гат, тропическими лесами, заповедниками и национальными парками с традиционной флорой и фауной субконтинента. Культурно-исторические ресурсы страны представлены храмами и монастырями большинства религий современного мира, индийскими ашрамами (духовными центрами), тысячами дворцов, крепостей, фортов, захоронений, древних руин, памятников и многим другим. 32 объекта включены в перечень памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО (25 историко-культурных и 7 природных).

Несмотря на уникальность Индии как туристского направления, она пока не стала дестинацией массового туризма в отличие, например, от соседнего Китая, куда туристов приезжает в 9–10 раз больше. На долю Индии приходится лишь 0,68 % международных туристских прибытий. По данному показателю Индия занимает 42-е место в мире. Наряду с ростом въездного туризма настоящий бум переживает туризм внутренний. Так, в 2014 г. в поездку по стране отправились рекордные 1290,12 млн индийцев, что на 12,9 % выше, чем в 2013 г. [6].

Причиной относительного невысокого количества зарубежных гостей является относительно низкий уровень сервиса и недостаточно развитая туристская инфраструктура, бедность значительной части населения, антисанитария в крупных городах и наиболее густонаселенных районах, медленная скорость передвижения на автомобильных дорогах, жаркий и влажный климат на большей части территории страны с марта по сентябрь. Правительство Индии предпринимает шаги по улучшению ситуации в области туристской привлекательности страны, успешно реализуется программа *Incredible India* («Потрясающая Индия»). Постепенно наводится порядок в крупных городах, возрастают уровень жизни, потребности в чистой окружающей среде и высоком уровне сервиса сотен миллионов представителей среднего класса самой Индии, что влияет и на рынок въездного туризма. Также конкурентоспособность страны на мировом туристском рынке возрастает за счет относительно дешевых цен на товары и услуги в сравнении с соседними Китаем, Таиландом, Шри-Ланкой.

Цель данной статьи — выделить районы Индии, специализирующиеся на разных видах въездного туризма. Достижению цели поможет краткое описание основных видов туризма, анализ динамики туристских прибытий в целом и из отдельных стран мира. Методы исследования — описательный, сравнительный, статистический, аналитический, картографический.

В таблице 1 приводятся данные о посещении исследуемой нами страны туристами.

Таблица 1

Статистика туристских прибытий в Индию<sup>1</sup>

Год	Число туристских прибытий (млн человек)	Годовой рост туристского потока (%)
1997	2,37	3,8
1998	2,36	-0,7
1999	2,48	5,2
2000	2,65	6,7
2001	2,54	-4,2
2002	2,38	-6,0
2003	2,73	14,3
2004	3,46	26,8
2005	3,92	13,3
2006	4,45	13,5
2007	5,08	14,3
2008	5,28	4,0
2009	5,17	-2,2
2010	5,78	11,8
2011	6,31	9,2
2012	6,58	4,3
2013	6,97	5,9
2014	7,68	10,2

<sup>1</sup> Таблица составлена автором на основе *India Tourism Statistics 2014* [6].

Как можно увидеть из таблицы 1, число туристских прибытий в Индию неуклонно росло практически все годы. В 2013 г., например, рост составил почти 6 %. В 2014 г. он ускорился, достигнув 10,2 %, при этом число международных туристских прибытий в мире выросло в среднем на 4,2 %.

Спад туристских прибытий 1998 года объясняется финансовым кризисом в Восточной и Юго-Восточной Азии. Во второй половине года произошли обвалы котировок акций, падение курсов валют, сворачивание деловой активности, спад производства и рост безработицы в Гонконге, Таиланде, Индонезии, Малайзии, Сингапуре и ряде других стран. Индию традиционно связывают тесные деловые отношения с этими государствами; в Сингапуре и Малайзии проживает крупная диаспора выходцев с субконтинента. Кризис в Азии негативно сказался на динамике въездного туризма.

Провал 2001–2002 гг. вызван другими причинами. 26 января 2001 г. (в праздник — День Республики) в штате Гуджарат случилось самое сильное за почти 200 лет землетрясение, унесшее жизни десятков тысяч людей. Сентябрь был отмечен терактами в Нью-Йорке, которые негативно сказались на мировом туристском рынке, особенно в части авиаперевозок. В декабре 2001 г. пятеро вооруженных террористов устроили перестрелку у индийского парламента (девять человек, включая террористов, погибли), в результате чего резко обострились индо-пакистанские отношения, участились перестрелки на границе между двумя государствами. Наконец, в феврале – марте 2002 г. в многострадальном Гуджарате произошли индо-мусульманские погромы (поводом к которым послужило возгорание поезда с паломниками-индусами. Лишь позднее выяснилось, что это стало результатом технической неисправности, а не умышленного поджога), в результате которых погибло около 2000 человек, в основном мусульман [3, 5].

Тем не менее стабильный рост въездного потока в Индию продолжался, чему не помешали даже громкие теракты в Мумбаи в 2006 и 2008 гг. (в 2008 г. была захвачена элитная гостиница «Тадж» и устроена стрельба на вокзале «Виктория»). Лишь мировой финансовый кризис вызвал некоторое падение въездного туризма в 2009 г.

В таблице 2 приводятся данные по прибытиям в Индию из 15 ведущих дестинаций.

Таблица 2

### Статистика туристских прибытий в Индию из ведущих стран<sup>2</sup>

№	Страна	Число туристских прибытий (тыс.)	Доля на рынке (%)
1	США	1119	14,57
2	Бангладеш	943	12,27
3	Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	839	10,92

<sup>2</sup> Таблица составлена автором на основе *India Tourism Statistics 2014* [6].

№	Страна	Число туристских прибытий (тыс.)	Доля на рынке (%)
4	Шри-Ланка	302	3,93
5	Россия	270	3,51
6	Канада	268	3,50
7	Малайзия	262	3,41
8	Франция	246	3,20
9	Австралия	240	3,12
10	Германия	239	3,11
11	Япония	220	2,86
12	Китай	181	2,36
13	Сингапур	151	1,96
14	Непал	126	1,65
15	Таиланд	121	1,58
	Всего по этим странам	5526	71,97
	Остальные страны	2152	28,03
	Всего	7678	100

Как видно из таблицы, наибольшее количество туристов приезжают в Индию из Соединенных Штатов Америки, их доля в 2014 г. составила чуть больше 1 млн человек или 14,57 % от общего туристского потока. Второе место занимают гости из Бангладеш — 943 тыс. (12,27 %), третье из Великобритании — 839 тыс. (10,92 %). Значительная часть посетителей из США и Великобритании являются представителями индийской диаспоры, из Бангладеш и Шри-Ланки — этническими бенгальцами и тамилами. 270 тыс. туристов прибыли из России, что составляет 3,51 %.

Индия предлагает миллионам путешественников возможности отдыха у моря и в горах, посещения памятников искусства и архитектуры, незабываемых праздников, фестивалей и карнавалов, духовного совершенствования и глубокого погружения в культуру, традиции и духовное наследие страны.

**Культурно-познавательный туризм.** Туристские объекты находятся на всей территории страны. В Северной и Центральной Индии (Дели, штаты Уттар-Прадеш, Мадхья-Прадеш), подвергшихся сильной исламизации в Средние века, основная часть памятников была построена в период правления мусульманских династий, в том числе моголов. Юго-запад и юго-восток (штаты Тамилнад, Карнатака, Телангана, Андхра-Прадеш, Керала) в большей степени сохранили памятники исконно индийской культуры.

Особенно известен Золотой треугольник: Дели (Красный Форт, минарет Кутб-Минар) — Агра (мавзолей Тадж-Махал) — Джайпур (Дворец Ветров), а также несостоявшаяся столица моголов Фатехпур-Сикри («Мертвый город»). Указанные достопримечательности маршрута входят в список памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО. К другим интересным объектам можно отнести форт в городе Гвалиор, храмы с эротической скульптурой на внешних стенах

в Кхаджурахо, руины древней столицы Хампи, католических церквей в Гоа, многочисленные крепости (Бикала, Джанджира). Богата экспозиция индийских музеев: Национального археологического (Дели), Чхатрапати Шиваджи (Мумбаи).

Индия исключительно богата и разнообразна объектами **религиозного туризма**. Во-первых, это родина буддизма. В штате Бихар находится Бодхгая — место Просветления Будды Шакьямуни. В соседнем Уттар-Прадеше — Сархатх, место первой проповеди и Будды Кушинагара, где Будда покинул этот мир. Буддисты со всего мира приезжают сюда как паломники, здесь построены многочисленные монастыри, Далай-лама в Бодхгае часто дает понимание учения и посвящения в духовные практики, в том числе паломникам-буддистам из России. В штатах Химачал-Прадеш, Уттаракханд, Уттар-Прадеш, Бихар, Карнатака беженцами-тибетцами воссозданы многие монастыри. Наследие буддизма крайне интересно в историко-культурном отношении: древняя ступа в Санчи, пещерные храмы и монастыри Аджанты и Эллары (штат Махараштра), руины древних ступ а Амаравати и Нагарджунаконде (штат Телангана).

Святые места, храмы, ашрамы индуизма разбросаны по всей территории страны от Кашмира до самой южной точки — Каньякумари. Здесь есть своя географическая специфика. Так, в штате Западная Бенгалия сильно почитание богини Кали; в долине Ганга (Хардвар, Варанаси) и во многих местах юга — Мадурай, Шри-Калахасты, Чидамбарам, Рамешварам (штаты Тамилнад и Андхра-Прадеш) — Шивы. В городах Удупи (Карнатака), Гурувайюр (Керала), Тирупати (Уттар-Прадеш), Пандхарпур (Махараштра) находятся известные на всю страну храмы бога Вишну. Кришнаиты активно посещают Матхуру и Вриндаван (Уттар-Прадеш), связанные с рождением и жизнью Кришны — аватары (воплощения) Вишну. В Гималаях есть целый ряд святых мест индуизма — Амарнатх, Ганготри, Ямунотри, Бадринатх, Кедарнатх.

Ашрамы духовных учителей расположены по всей стране. Самые известные из них находятся в Путтапарти, Золотом городе, Тируваннамалаи, Ауровиле, Ширди, Колламе, Лакхнау. В верховьях Ганга расположен Ришикеш — мировая столица йоги. В штатах Раджастхан, Гуджарат, Махараштра построены храмы джайнизма. В Пенджабе — Золотой Храм (Харимандир), главная святыня сикхов. В штате Гоа действуют католические храмы, покоятся мощи святого Франциска Хавьера. А в Дели можно посетить мечети, например, знаменитую мечеть Джума.

Тысячи иностранцев, включая россиян, отправляются ежегодно в храмы, ашрамы Индии, храмовые города юга страны [4].

**Лечебно-оздоровительный туризм.** Большинство песчаных пляжей (а это тысячи километров берега океана) совершенно не приспособлены для туризма и отдыха. Индустрия отдыха на море развита лишь в штате Гоа (небольшой участок побережья Аравийского моря). Также на Аравийском море — небольшой анклав Даман и Диу и частично побережье штата Керала,

особенно курорты Ковалам и Варкала. На Коромандельском берегу (Бенгальский залив) можно отметить лишь Мамаллапурам к югу от Ченнаи.

Керала предлагает лечение, отдых, очищение и восстановление организма по методике аюрведы. Известны курорты Соматирам, Маналтирам в окрестностях Ковалама. В Западной Бенгалии, в предгорьях Гималаев действует горноклиматический курорт Дарджилинг.

**Экологический туризм.** Возможности его развития сдерживаются перенаселением страны и большим хозяйственным освоением её территории. Лишь 15 % территории заняты лесами, а такие традиционные для Индии виды животных, как тигр, носорог, слон, в естественной среде обитания встречаются лишь в заповедниках, национальных парках и наиболее труднодоступных горных районах. Индия предлагает туристам сафари по национальным паркам Джим Корбетт (Уттаракханд), Перияр (Керала), Казиранга (Ассам), а также по паркам во многих других штатах.

**Деловой туризм.** Индийская экономика быстро растет, развивается национальная промышленность и сфера услуг. Мумбаи является деловой столицей страны, а также крупным транспортно-туристским центром.

Особую роль в хозяйстве Индии играют информационные услуги (IT-сектор). Особенно выделяются города Пуна (Махараштра), Бангалор (столица штата Карнатака), Хайдерабад (столица штата Телангана), Нойда (пригород Дели). Здесь проводятся многочисленные деловые мероприятия, заключаются большие сделки, производится программное обеспечение.

**Другие виды туризма.** В Индии происходят мероприятия **событийного туризма**. Туристы посещают ярмарки, спортивные мероприятия, храмовые праздники. Например, открытие храма Единства в Золотом Городе (Андхра-Прадеш) собрало сотни тысяч посетителей из Индии, тысячи из других стран, в том числе примерно 300 россиян [1; 4].

**Экзотический туризм.** Иностранцы туристы, в том числе россияне, могут сыграть свадьбу по индийскому обряду, прокатиться на «Королевском экспрессе» по железной дороге от Дели в Гуджарат, а также по узкоколейным горным железным дорогам страны.

**Горный туризм** (трекинг) развит в Гималаях. Ганготри, Ямунотри, Сринагар являются отправными пунктами походов по горам [2].

На основе проведенного географического исследования автор предлагает вниманию читателей свое видение туристского районирования Индии (см. рис. 1). Туристские районы можно обозначить лишь относительно, границы между ними не будут четкими. Данное районирование составлено на основе обобщения базовой информации в условиях необычайной социально-культурной мозаичности Индии.

Можно выделить следующие туристские районы Индии:

1. **Западный район.** Сюда войдут штаты Керала, Карнатака, Гоа, Гуджарат, запад штата Махараштра, союзные территории Даман и Диу. Этот район

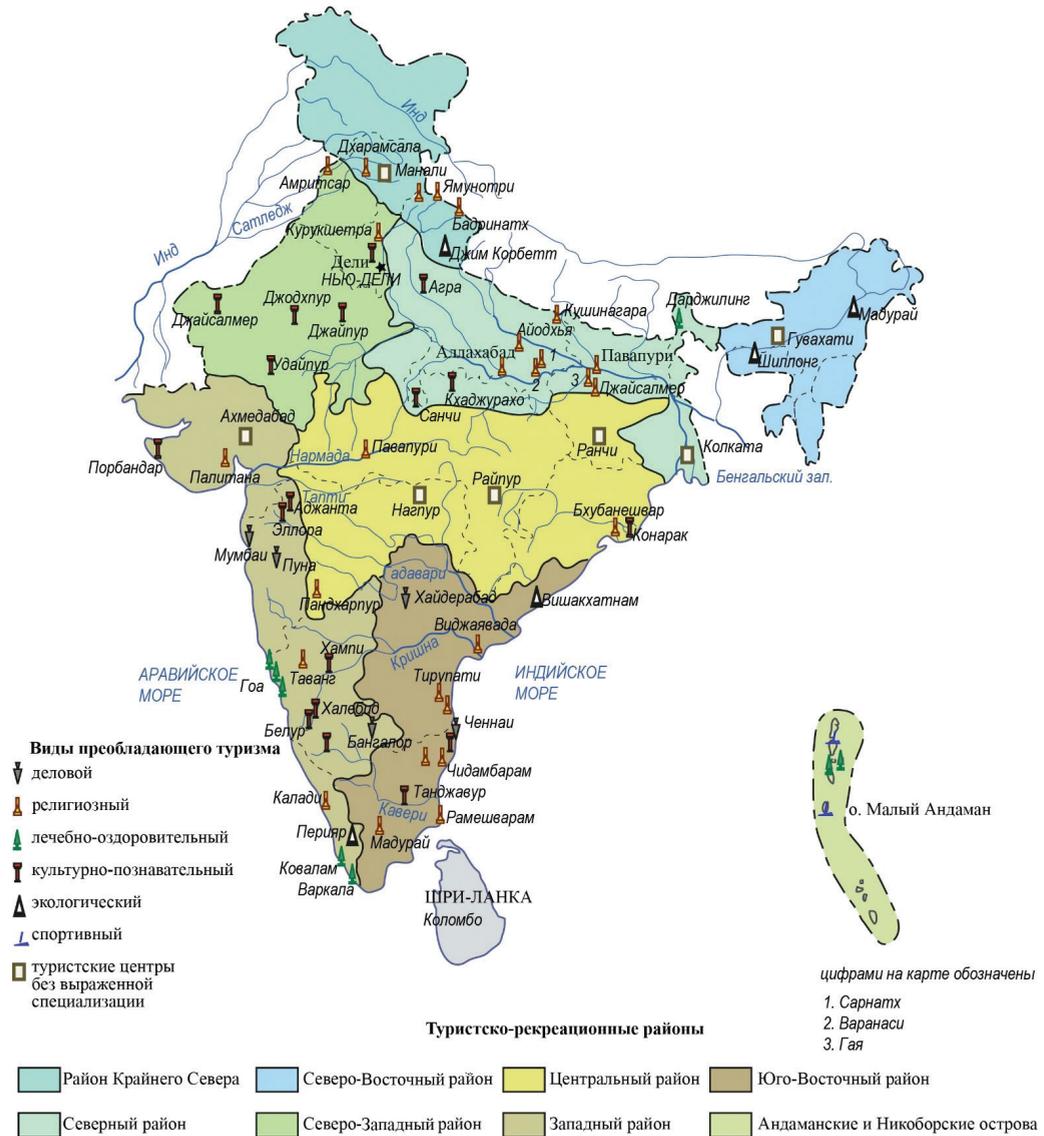


Рис. 1. Туристское районирование Индии (автор Т.Т. Христов)

характеризуется более высоким уровнем жизни, чем по Индии в целом. Природа Западного района богата и разнообразна, особенно в Керале и на юго-западе Карнатаки между морем (Малабарский берег — «берег пряностей») и горами Западными Гатами. Именно Кералу можно назвать «родиной Маугли».

Ограничивают туризм сильные муссонные дожди с июня по сентябрь. Специализация Западного района — пляжный туризм (отдельные анклав); лечебно-оздоровительный (аюрведа) — в первую очередь Керала и Гоа; религиозно-экскурсионный и паломнический по святым местам, центрам и храмам индуизма (все штаты), джайнизма (в основном Карнатака и Гуджарат), христианства (Гоа и Керала), буддизма (уникальные пещерные храмы Аджанты,

Эллары, Канхери); деловой (Мумбаи, Пуна); культурно-познавательный (Хампи, Майсур, Биджапур, Бидар, храмовые города Белур и Халебид); экологический по национальным паркам и разливам рек Кералы, горным курортам в Западных Гатах.

2. **Юго-Восточный район:** штаты Тамилнад, Андхра-Прадеш, Телангана. Здесь юго-западный муссон летом проявлен гораздо слабее, зато есть северо-восточный муссон (октябрь – ноябрь). Погода более жаркая, чем в Западном районе, природное разнообразие беднее. Основные виды туризма: культурно-познавательный и религиозный по храмовым городам и ашрамам юга Индии. Тамилнад активно посещают тамилы Шри-Ланки, Малайзии, Сингапура, других стран.

3. **Район Крайнего Севера Индии.** Выражение «крайний север» больше подходит для России. Тем не менее это единственное место в Индии, где есть заснеженные горы (Гималаи). Сюда можно отнести самый север штата Западная Бенгалия, штаты Джамму и Кашмир, Химачал-Прадеш, Уттаракханд и Сикким. Здесь горный климат, особые экосистемы и сезонность туризма. Если для остальной части Индии высокий сезон въездного туризма — октябрь – февраль, то в Гималаях — май, июнь и сентябрь. Преобладающие виды туризма: горный (трекинг), экстремальный, экологический, паломничество по святым местам индуизма в Гималаях.

4. **Северо-Западный район.** Штаты Пенджаб, Раджастхан, Харьяна, союзная территория Дели. Здесь находится единственная в Индии пустыня — Тар. Виды туризма: культурно-познавательный (достопримечательности Дели, Джайпура (Золотой треугольник), дворцы раджпутов, красивые мечети и минареты), религиозный (святые места, храмы сикхизма, индуизма, джайнизма), приключенческий (путешествие на роскошном поезде «Королевский экспресс»), деловой туризм (Дели).

5. **Северный район:** Штаты Уттар-Прадеш, Бихар, Западная Бенгалия, север штата Мадхья-Прадеш. Во многих этих районах очень высокая плотность населения, почти не осталось мест с девственной природой. Здесь прохладно зимой (особенно по ночам), и очень жарко в мае – июне. Основные виды туризма: культурно-познавательный (Агра — Золотой треугольник) и другие места, паломничество (индуизм, буддизм). Калькутта является крупным городом и важным центром туризма, в том числе представителей индийской диаспоры за рубежом, а также этнически и культурно близких индийцам Бенгалии бангладешцев.

6. **Центральный район:** Центр и восток штата Махараштра, юг штата Мадхья-Прадеш, штаты Чхаттисгарх, Одиша, Джаркханд. Этот туристский район относительно беден культурными достопримечательностями, пляжи Одиши не приспособлены для туризма. Въездной туризм здесь развит слабо.

7. **Северо-Восточный район.** Штаты Ассам, Мегхалая, Аруначал-Прадеш, Мизорам, Трипура, Манипур, Нагаленд. Здесь есть горы и леса, имеется потенциал для развития экологического, горного, приключенческого туризма. Эти штаты находятся в отдалении от остальной части страны, здесь все еще

возможны случаи сепаратизма и терроризм, а потому на некоторые территории въезд иностранцам ограничен. Въездной туризм также развит сравнительно слабо, хотя он достаточно быстро набирает обороты в Ассаме.

8. **Андаманские и Никобарские острова.** В этом районе активно развиваются пляжный туризм, дайвинг и серфинг. Данная территория приобретает все большую популярность у иностранных туристов.

В результате географического исследования въездного туризма в Индию можно сделать следующие выводы.

Индия является важной дестинацией в Азии, туристский потенциал которой далеко не в полной мере используется для въездного туризма. Однако въездной туризм в Индию стабильно растет, причем более высокими темпами, чем в мире в целом.

В Индии отчетливо выявляются восемь туристских районов с разной специализацией, пространственной организацией туризма: Западный, Юго-Восточный, район Крайнего Севера, Северо-Западный, Северный, Центральный, Северо-Восточный, Андаманские и Никобарские острова.

Допуская большие обобщения, отметим, что иностранные туристы предпочитают посещать приморский запад и культурные достопримечательности севера страны. Представители индийской диаспоры из-за рубежа — запад и юг страны, (особенно Мумбаи (Махараштра) и Ченнаи (Тамилнад). Центр, восток и северо-восток Индии представлены на рынке въездного туризма слабее.

### *Литература*

1. *Александрова А.Ю.* Международный туризм. М.: Просвещение 2014. 398 с.
2. География туризма / под ред. А.Ю. Александровой. М.: КНОРУС, 2016. 592 с.
3. *Горохов С.А.* Религиозная идентичность как фактор формирования конфессиональных регионов современного мира // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2012. № 5. С. 49–55.
4. *Горохов С.А., Христов Т.Т.* Религии народов мира. М.: КНОРУС, 2016. 424 с.
5. *Христов Т.Т.* Религиозный туризм. М.: Академия, 2008. 288 с.
6. India Tourism Statistics 2014 // Ministry of Tourism Government of India [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – India, New Delhi, [2016]. URL: <http://tourism.gov.in/TourismDivision/AboutDivision.aspx?Name=Market%20Research%20and%20Statistics> (дата обращения: 27.04.2016).
7. Официальный сайт Всемирной туристской организации. URL: <http://www.unwto.org> (дата обращения: 16.04.2016).

### *Literatura*

1. *Aleksandrova A.Yu.* Mezhdunarodny'j turizm. M.: Prosveshhenie 2014. 398 s.
2. Geografiya turizma / pod red. A.Yu. Aleksandrovoj. M.: KNORUS, 2016. 592 s.
3. *Goroxov S.A.* Religioznaya identichnost' kak faktor formirovaniya konfessional'ny'x regionov sovremennogo mira // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. 2012. № 5. S. 49–55.
4. *Goroxov S.A., Xristov T.T.* Religii narodov mira. M.: KNORUS, 2016. 424 s.

5. *Xristov T.T.* Religiozny'j turizm. M.: Akademiya, 2008. 288 s.

6. India Tourism Statistics 2014 // Ministry of Tourism Government of India [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. dan. – India, New Delhi, [2016]. URL: <http://tourism.gov.in/TourismDivision/AboutDivision.aspx?Name=Market%20Research%20and%20Statistics> (data obrashheniya: 27.04.2016).

7. Oficial'ny'j sajt Vsemirnoj turistskoj organizacii. URL: <http://www.unwto.org> (data obrashheniya: 16.04.2016).

***T.T. Khristov***

### **Some features of the geography of inbound tourism to India**

Indian tourist resources and different types of inbound tourism to India are considered in the article. The statistics of tourist arrivals is given. Factors restraining tourism to India are described. The author emphasizes the unevenly distribution of the tourist resources on the territory of India, and that there is specialization of different states and regions on different types of tourism. The author proposes the project of the tourist zoning of India.

*Keywords:* India; tourist arrivals; geography of inbound tourism; tourist destination; tourist region.

Т.П. Грушина

## География экологического туризма в Норвегии

Раскрывается суть страноведческого подхода при изучении в вузе зарубежных государств в одном из перспективных отраслевых направлений географии туризма — экологического. Приводится эколого-туристская характеристика государства (на примере Норвегии) с позиции географии экологического туризма.

*Ключевые слова:* география туризма; экотуризм; страноведение; география экологического туризма.

**И**зучение географии экологического туризма в высшей школе наиболее актуально при подготовке будущих специалистов (бакалавров и магистров) в области туризма и охраны природы, географов и экологов различного профиля, а также учителей географии.

Экологический туризм подразумевает в своей основе посещение туристами малоизменённых антропогенной деятельностью природных территорий, природно-антропогенных ландшафтов, а также наблюдение и изучение уникальных природных объектов и этнокультурных особенностей природопользования посещаемой территории. В связи с этим география экологического туризма предполагает изучение размещения ресурсов, необходимых для развития данного вида туризма, оценку современного состояния и перспектив развития эколого-туристских процессов в том или ином регионе [1]. В процессе изучения географии экологического туризма зарубежных стран целесообразно применять страноведческий подход, основанный на комплексном географическом страноведении, но основной задачей которого является *эколого-туристский «образ» страны* [2]. Рассмотрим построенную на страноведческом подходе эколого-туристскую характеристику Норвегии — государства, обладающего высоким потенциалом для развития экологического туризма.

Почти треть территории Норвегии лежит за пределами Северного полярного круга. Основная часть населения проживает в южной части страны, в окрестностях столицы — Осло. Наиболее яркие объекты природного наследия Норвегии — горы, ледники, заболоченные пространства, берёзовые и хвойные леса с характерными представителями животного мира, в том числе с северным оленем, являющимся национальным символом государства.

В Норвегию лучше ехать в то время, когда можно полюбоваться либо белыми ночами, либо полярным северным сиянием. Вероятнее всего увидеть северное сияние в период с ноября по февраль. Наступление белых ночей

можно определить с точностью до дня. На мысе Нордкап солнце не заходит с 15 мая по 29 июля. На архипелаге Шпицберген белые ночи длятся целых четыре месяца — с 20 апреля по 20 августа.

Большую часть страны занимают Скандинавские горы (до 2469 м, г. Гальхёпигген), на западе и северо-западе расчленённые многочисленными глубокими фьордами. На юге раскинулись высокие плоскогорья (фьельды) Ютунхеймен, Телемарк и др., на севере — плоскогорье Финмаркен. У берегов много островов. Благодаря теплomu Северо-Атлантическому течению климат умеренно океанический; на крайнем севере — субарктический. Средние температуры января от 2 °С на южном побережье до –12 °С на фьельдах; июля, соответственно, от 15 ° до 6 °С. На западных склонах выпадает до 3000 мм осадков в год, на восточных — 300–800 мм. В горах обширное оледенение: в южной части страны 920 ледников общей площадью 1617 км<sup>2</sup>, в северной части — 1120 ледников общей площадью 1128 км<sup>2</sup>. На Шпицбергене ледники занимают 36,6 тыс. км<sup>2</sup>. Горные реки текут в узких горных долинах с многочисленными порогами и водопадами до 275 м высотой. Крупнейшая река — Гломма. Озера занимают около 4 % территории. Севернее 70<sup>0</sup> с.ш. и на вершинах фьельдов господствует тундра и лесотундра с берёзовым и еловым редколесьем, на большей части страны — таёжные и на крайнем юге широколиственные леса, покрывающие 27 % площади. **Национальные парки** занимают 4 % от площади страны, их сеть состоит из 32 парков на территории континентальной Норвегии и ещё семи парков на Шпицбергене.

Упоминание о Норвегии ассоциируется прежде всего с завораживающими фьордами — высокими тёмными скалами, резко выделяющимися на фоне пенящегося моря. Неслучайно норвежские фьорды пользуются славой самых красивых в мире. Экскурсию лучше всего начать с прекрасного **Согне-фьорда** — самого большого фьорда в мире, лежащего к северу от Бергена. Могучие скалы **Согне-фьорда** погружены на 1300 м под воду и более чем на 600 м возвышаются над её поверхностью. Необыкновенный залив удивительной формы достигает 206 км в длину и от 1,5 до 6 км в ширину. У **Согне-фьорда** есть много ответвлений — северные Фьерланнс-фьорд, Согндальс-фьорд и Люстра-фьорд, а также Нерей-фьорд. Согне-фьорд — самый известный водный маршрут в Норвегии.

Между Согне-фьордом и расположенным дальше на север Норд-фьордом находится ледник **Юстедальсбреен** — самый большой ледник континентальной Европы, тянущийся на 100 км в длину и 15 км в ширину. Когда-то он был связан с другим ледником Юстефонном. Сегодня это одна из главных туристских достопримечательностей региона. Самая высокая точка этой ледяной горы находится на высоте 2083 м. Льды и талые воды создали множество морен и других причудливых геологических отложений. Контраст между плодородными долинами и ледниками, спускающимися почти к самому морю, по меньшей мере поразителен. Следует заметить, что прогулки по леднику трудны и даже опасны. Есть также несколько размеченных тропинок. Площадь **национального парка «Юстедальсбреен»** составляет 1230 км<sup>2</sup>.

Ещё большей популярностью пользуется узкий фьорд *Гейрангер*. Туристы стремятся сюда, чтобы насладиться пейзажами, которые признаны одними из прекраснейших на свете. Воды, заполняющие фьорд, — поразительно глубокого бирюзового цвета. Переплыв на другой берег фьорда, путешественники попадают на петляющий туристский маршрут «Дорога троллей». С неё открывается вид на прекрасный водопад Стигфоссен, называемый иначе Ступенчатым. Все туристские достопримечательности в этом регионе носят имена сказочных персонажей — троллей. Вдалеке видны горы Тролль-Тиндан. По легенде именно туда тролли отправляются искать себе невест. Крутые склоны и глубокие ущелья охраняют своих волшебных жителей и хорошо берегут их тайны от любопытных глаз.

Любители необычных видов будут также довольны экскурсией в *Нерей-фьорд*. Скалы, образующие берега, находятся так близко друг к другу, что плывущие на теплоходе туристы чувствуют себя словно в тоннеле. Даже в очень солнечный день сюда проникает совсем немного солнца, вокруг царят мрак и холод, идущие от скал. Берега фьорда усеяны маленькими горными деревушками. Деревянные домики, сельские церкви и часовенки видны как на ладони. Эти замечательные места прекрасно выглядят в любое время года, но особенно великолепны весной, когда расцветают сады. Живописные окрестности богаты многочисленными каскадами воды, падающей с высоты более 100 м.

*Национальный парк «Хардангервидда»*, созданный в 1981 году и расположенный в южной части Норвегии, — самый большой в стране, его площадь — 3430 км<sup>2</sup>. Под охраной находится самое высокое плоскогорье в Скандинавских горах. Чтобы познакомиться со всеми живописными уголками парка, надо подняться на высоту 1100–1400 м. Каждый, кто поднимется на плоскогорье, увидит пасущиеся дикие стада северных оленей. В Хардангервидде находится самая большая популяция этих животных в Европе — около 17 тысяч особей. Северные олени живут здесь уже тысячи лет. В парке большое количество не только млекопитающих: Хардангервидда — отличное место для ловли форели. Горные озёра дают начало множеству рек. Прекрасная и дикая река Бьорейя, низвергаясь с плоскогорья на 145 м вниз, образует живописный водопад Верингфоссен, впадающий в глубокое ущелье, и течет к наиболее глубоко врезанной в материк части Эйд-фьорда.

*«Бёргефьелль»* — самый крупный *национальный парк* в центральной части страны, близ границы со Швецией. Создан в 1963 году, площадь 1090 км<sup>2</sup>. Охраняет природные комплексы сосновых лесов, березовых редколесий и горных тундр в прибрежной части Скандинавских гор. Гористый ландшафт парка, расположенного на высотах от 400 до 1700 м над уровнем моря, изобилует ледниковыми озёрами, быстрыми реками и водопадами, отличаясь исключительной живописностью. В составе фауны парка представлены лось, россомаха, песец, волк, белая куропатка, гуси, утки, полярная сова.

Восточные уголки Норвегии лежат несколько в стороне от основных туристских маршрутов. Приезжая сюда, турист может насладиться видом зелёных

долин, чистых озёр и головокружительной высотой горных цепей. Здесь находится столица зимних Олимпийских игр 1994 года — город Лиллехаммер. Несомненная достопримечательность Лиллехаммера — музей под открытым небом Майхауген. Он был создан в XIX веке благодаря норвежцу Андерсу Сандвигу, который коллекционировал предметы быта и скупал старые деревенские дома. В результате возник этот скансен — самый большой норвежский этнографический музей. Помимо старинной архитектуры здесь можно увидеть предметы быта и орудия труда, принадлежавшие деревенским жителям.

Севернее расположен *национальный парк «Ютунхеймен»* («Исполинский край») в округе Оппланн. Здесь можно увидеть вершины самых высоких гор Норвегии — Скандинавских гор. Их пересекают белоснежные ледники и кристально чистые зеркала озёр. На территории парка возвышаются самые высокие вершины Норвегии — Гальхепигген (2469 м) и Глиттертинд (2452 м). Эта территория была взята под охрану в 1980 году, однако еще в XIX веке туристы оценили прелесть будущего парка и приезжали сюда насладиться красотами дикой природы. Округ Оппланн изобилует прекрасными природными ландшафтами, не тронутыми цивилизацией. В его границах находится также *национальный парк «Рондане»*, занимающий площадь 572 км<sup>2</sup>. Основанный в 1962 году, он некоторое время был единственным национальным парком Норвегии. Посетителей ждут здесь живописные горные территории, пересекаемые глубокими долинами. Самые невысокие горы достигают 900 м, а целых десять вершин *Рондане* превышают 2000 м. Парк охраняет природные комплексы еловых и березовых лесов на склонах горного массива. Фауна парка имеет типично северный характер и представлена северным оленем, выдрой, белой куропаткой и другими характерными обитателями северных лесов.

Туристские маршруты на холодный север туристы начинают из Тронхейма. Первая остановка по пути к Полярному кругу — Боде, административный центр Нурланна. Сразу же за ним простираются два самых больших прибрежных архипелага — *Лофотенские острова* и *Вестеролен*. Красота *Лофотенских островов* с давних пор производит впечатление на приезжих. Вдохновение здесь находили Жюль Верн и Эдгар По. Это место облюбовали и птицы — они живут многочисленными колониями на скалах, соединяющих остров Москенесе с островом Скомвер. В Норвегии можно встретить редких и удивительных птиц — тупиков, которых здесь называют также морскими попугаями. Эти симпатичные чёрно-белые птицы с характерным ярко-оранжевым клювом облюбовали для себя норвежские скалистые побережья, на которых они образуют целые птичьи колонии. Особенно много их появляется здесь в период высиживания птенцов. Единственное яйцо высиживают оба родителя. Птицы не сидят на яйце, а заботливо укрывают его крыльями. Для высиживания птенцов тупики вырывают норы от 1 до 3 м, часто пересекающиеся с норами других пар.

В местности Анденес, расположенной на острове Андойя, проводятся экскурсии для наблюдения за китами. Кашалоты облюбовали окрестности *архипелага Вестеролен*. С октября по январь они приплывают сюда в поисках пищи. Кашалоты обычно обитают в тёплых морях, и только немногочисленные особи заплывают далеко на север. Эти самые крупные из млекопитающих достигают 15 м в длину, а малыши рождаются длиной 4 м. Когда-то киты были источником ценного сырья: китовый жир служил смазкой для машин, основой для производства мыла, помады, свечей, мазей, горючего для уличных фонарей; из зубов кашалота делались клавиши для музыкальных инструментов и пуговицы; амбра (желудочные выделения кашалота) использовалась в парфюмерии и ценилась на вес золота. Сегодня кашалоты находятся под угрозой исчезновения. К сожалению, в Норвегии промысел китов до сих пор разрешён.

Настоящей достопримечательностью для туристов является находящийся в городе Тромсё Норвежский полярный институт с музеем «Полярия». Город Тромсё лежит более чем в 300 км к северу от Полярного круга. Поселение было заложено еще в середине XIII века и помнит времена викингов. В больших аквариумах здесь можно увидеть рыб, обитающих в местных водах. Есть невероятных размеров королевский краб, вес которого достигает 10 кг, и отдельный аквариум для тюленей. Находясь в Тромсё, обязательно надо посетить планетарий «Северное сияние» на территории университетского городка. Это не обычный астрономический планетарий. В нём проходят показы такого удивительного природного явления, как северное сияние, под названием «Арктические огни». *Национальный парк «Долина Андердален»*, раскинувшийся на острове Сенья, недалеко от Тромсё, в окружении высоких гор, поднимающихся прямо из моря, в основном покрыт болотами и порослью горной берёзы. Искривлённые сосны цепляются за прибрежные скалы, придавая этому месту особенно дикий вид. Но, к сожалению, тропы здесь плохо обустроены. Площадь национального парка — 69 км<sup>2</sup>.

При продвижении дальше на север заметно, как вместе с пейзажем меняется состав жителей местных поселений. Рядом с высокими, светловолосыми норвежцами всё чаще встречаются коренастые темноглазые саами. Саами, иначе лапландцы, являются коренным населением Скандинавии. В течение сотен лет они живут в согласии с ритмом природы и по её законам. Они заселили север Европы около 4 тыс. лет назад. Занимаются разведением северных оленей и рыболовством. У саами своя культура, свой флаг и даже собственный парламент.

Интересным туристским маршрутом может стать путешествие в Хаммерфест — самый северный город Европы. Он расположен на 70° с.ш. Здесь отмечен памятником самый северный пункт Дуги Струве, созданной во время первого международного измерения земного шара. В Хаммерфесте каждый год в третью неделю ноября организуется Фестиваль полярных ночей.

Очень популярным туристским объектом является самая северная точка Европы — мыс Нордкап, расположенный на острове Магере. Название мысу дал англичанин Ричард Ченслер; в 1553 году этот путешественник пытался найти кратчайший северо-восточный путь в Китай. Сегодня на мыс Нордкап ведёт современная трасса, которую ежегодно преодолевает более 200 тыс. человек.

**Национальный парк «Нордкап Хорнвика»** создан в 1963 году, площадь его около 600 км<sup>2</sup>. Под охраной находятся природные комплексы тундры и скалисто-фьордового побережья Баренцева моря. На занятом тундрой плоскогорье в центре острова встречаются северные олени, песцы и лемминги, белая куропатка и полярная сова. Обрывистые берега глубоко врезанных в сушу морских заливов-фьордов заняты птичьими базарами, населёнными десятками тысяч морских птиц: кайр, чаек-моёвок, бакланов, тупиков и других.

**Архипелаг Шпицберген**, или, как его называют норвежцы, Свальбард, находится в 640 км от суши. К нему относят острова Западный Шпицберген, Северо-Восточная Земля, Эджа, остров Баренца и Земля Короля Карла.

В общей сложности **национальные парки** («Южный Шпицберген», «Северо-Западный Шпицберген» и «Форландет») и **заповедники** («Остров Моффен», «Юго-Восточный» и «Северо-Восточный Свальбард») занимают более половины территории архипелага. Охраняют они природные комплексы арктических пустынь, тундр и морских побережий Шпицбергена.

Несмотря на близость к Северному полюсу, Шпицберген, благодаря теплоте дыхания Гольфстрима (точнее, его северной ветви — Северо-Атлантического течения), обладает более мягким климатом, чем большинство арктических островов и архипелагов. Летом здесь цветут свальбардские маки и камнеломки, а на птичьих базарах суетятся у гнезд тысячи чаек-моёвок, кайр и тупиков, занимающих верхние части обрывистых скал. Ниже, ближе к подножию обрывов, располагаются гаги, поморники и белошекие казарки. Всего на островах обитает в это время года 108 видов перелётных птиц. Численность белых медведей в Свальбарде составляет пятую часть всех медведей Арктики. На берегах островов устраивают свои лежбища тюлени (морской заяц и кольчатая нерпа), а также моржи. Местами ледники спускаются с крутых берегов Шпицбергена прямо в море, и посещающие Свальбард туристы могут видеть, как от ледников откалываются айсберги.

Туризм — важная отрасль экономики Норвегии. Особенно популярными становятся агро- и экотуризм. Географическое положение существующих и планируемых охраняемых природных территорий позволяет активно включать их в туристские маршруты, тем самым принося доход государству благодаря сохранившейся природе этого края.

На туристском рынке Норвегии много предложений туров и экскурсий, посвященных изучению природных ландшафтов, растительного и животного мира страны. Большое внимание уделяется формированию индивидуальных туров: пешеходных, водных, велосипедных, «рыбных» и т. д. Главными

странами въездного туризма в Норвегию служат Германия, Швеция и Дания. Но на фоне кризиса в туристической отрасли количество туристов из этих стран в Норвегию за последние годы в лучшем случае остается неизменным, а в худшем — снижается.

### *Литература*

1. Грушина Т.П., Соловьёв М.С. Потенциал содержания школьного географического образования для реализации концепции экологического туризма // Российский журнал экотуризма. 2011. № 2. С. 11–20.
2. Грушина Т.П. Туристское страноведение и география экологического туризма (на примере Республики Хорватия) // Российский журнал экотуризма. 2014. № 7. С. 31–36.
3. Сапожникова Е.Н. Страноведение: теория и методика туристского изучения стран. М.: Академия, 2008. 240 с.

### *Literatura*

1. Grushina T.P., Solov'yov M.S. Potencial sodержaniya shkol'nogo geograficheskogo obrazovaniya dlya realizacii koncepcii e'kologicheskogo turizma // Rossijskij zhurnal e'koturizma. 2011. № 2. S. 11–20.
2. Grushina T.P. Turistskoe stranovedenie i geografiya e'kologicheskogo turizma (na primere Respubliki Horvatiya) // Rossijskij zhurnal e'koturizma. 2014. № 7. S. 31–36.
3. Sapozhnikova E.N. Stranovedenie: teoriya i metodika turistskogo izucheniya stran. M.: Akademiya, 2008. 240 s.

***T.P. Grushina***

### **Geography of Ecological Tourism of Norway**

In the article the essence of regional geographic approach when studying the foreign states in higher educational institutions in one of the promising branch directions of geography of tourism — that is ecological tourism is revealed. The eco-tourist characteristics of the state (on the example of Norway) from a position of geography of ecological tourism is provided.

*Keywords:* geography of tourism; ecotourism; regional geography; geography of ecological tourism.

## Ф И З И К А

**В.А. Бубнов**

### Об одном толковании второго закона Ньютона

В работе используется нетрадиционная форма второго закона Ньютона: сила, действующая на материальную точку, вычисляется как изменение количества движения в единицу времени, умноженная на эмпирический коэффициент пропорциональности. Этот коэффициент позволяет обобщить известную формулу А. Эйнштейна, определяющую зависимость массы электрона от скорости.

*Ключевые слова:* Ньютон; Лагранж; уравнения; масса; электрон; электромагнитная энергия.

**П**ри построении уравнений динамики материальных тел Лагранж в своей «Аналитической механике» (см. [9]) рассматривал главным образом силы, ускоряющие или замедляющие, действие которых непрерывно и которые стремятся в каждое мгновение сообщить бесконечно малую и одинаковую для всех частиц материи скорость. Для получения количественных соотношений указанных сил Лагранж разлагает вектор скорости  $\vec{V}$  материальной точки на составляющие  $\frac{dx}{dt}$ ,  $\frac{dy}{dt}$ ,  $\frac{dz}{dt}$ , направленные вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  прямоугольной системы координат. Эти составляющие определяют изменение координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$  материальной точки в течение времени  $t$ .

Ускоряющие силы, действующие на материальное тело массой  $m$ , Лагранж определяет так:

$$X = m \frac{d^2x}{dt^2}, \quad Y = m \frac{d^2y}{dt^2}, \quad Z = m \frac{d^2z}{dt^2}. \quad (1)$$

Здесь  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  — проекции ускоряющей силы  $\vec{F}$ .

Вторые производные в правых частях формул (1) представляют составляющие вектора  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  ускорения  $\vec{a}$  данного материального тела.

Теперь соотношениям (1) можно придать следующий векторный вид:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{или} \quad \vec{F} = m \frac{d\vec{V}}{dt} \quad (2)$$

Выражения (2) следует рассматривать как формулы для количественного выражения ускоряющей либо замедляющей силы в представлениях аналитической механики Лагранжа. В рамках такого определения силы Лагранж ввёл понятия обобщённых координат и обобщённых сил для системы материальных

точек и на базе этих понятий дал новую форму уравнений механики, свободную от эмпирических констант и позволяющую решать любую задачу механики аналитически.

Однако в учебной и научной литературе по физике уравнение (2) называют вторым законом движения Ньютона.

В действительности так называемый второй закон движения Ньютона сформулирован им так: *изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует* [10: с. 40].

В рамках такого определения формульный вид рассматриваемого закона мы вправе представить так:

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

Коэффициент пропорциональности  $c$  может, с одной стороны, приводить к одинаковой размерности правой и левой частей в (3), с другой стороны, величина может быть отвлечённым числом.

Отличие уравнения (3) от (2) состоит не только в том, что  $c \neq 1$ , но и в том, что в (3) масса суть величина переменная, стоящая под знаком производной по времени  $t$ . Учитывая это обстоятельство, переписываем уравнение (3):

$$cm \frac{d\vec{V}}{dt} + c\vec{V} \frac{dm}{dt} = \vec{F}. \quad (4)$$

Теперь следует вычислить изменение массы  $\frac{dm}{dt}$  для движущейся частицы жидкости. Для этого предположим, что в формуле  $m = \rho V = \rho dx dy dz$  изменяется со временем и плотность  $\rho$ , и объём  $V$  частицы жидкости. Тогда

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d(\rho V)}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} + V \frac{d\rho}{dt}. \quad (5)$$

Далее, характеризуя величиной  $\theta$  [5; 6] изменение объёма  $V$  частицы жидкости при её деформационном движении, получаем:

$$\rho \frac{dV}{dt} = \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} = \rho V_0 \cdot \frac{V_1 - V_0}{V_0 \Delta t} = -\rho V_0 \cdot \theta. \quad (6)$$

В [5; 6] также указана следующая связь между изменением плотности и скоростью объемного расширения  $\theta$ :

$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} = \frac{\rho_1 - \rho_0}{\rho_1 \Delta t} = \theta. \quad (7)$$

Теперь с учётом формул (6) и (7) исходному уравнению (4) можно придать вид:

$$cm \frac{d\vec{V}}{dt} + c\vec{V} \cdot \rho \theta (V - V_0) = \vec{F}. \quad (8)$$

Далее делим левую и правую части в (8) на величину объёма  $V$  частицы жидкости, полагаем  $\theta = -\varepsilon = -\text{div}\vec{V}$ . После этого получаем:

$$c\rho\frac{d\vec{V}}{dt} - c\left(1 - \frac{V_0}{V}\right)\vec{V} \cdot \rho\varepsilon = \vec{K} + \vec{P}. \quad (9)$$

В работах автора [1–4] показано, что соотношение (9) позволяет уточнить уравнение гидродинамики как идеальной, так и вязкой жидкости. Эмпирические константы, входящие в (9), позволяют решения уточнённых уравнений согласовать с опытными фактами.

Известно, что при движении электрона в электромагнитном поле его масса изменяется вместе с изменением скорости. К изучению такого явления можно привлечь уравнение (3). Для чего через  $V$  обозначим скорость электрона, а через  $F$  силу, отклоняющую электрон с его пути. В этих обозначениях уравнение (3) переписываем так:

$$c\frac{d(mV)}{dt} = F, \quad (10)$$

где  $m$  — масса электрона.

Согласно общественной формуле Альберта Эйнштейна, энергия электрона  $E$  вычисляется через скорость света  $g$  по формуле:

$$E = mg^2. \quad (11)$$

С другой стороны, в [11] показано, что электростатическая энергия электрона и его масса связаны между собой следующим образом:

$$W = \frac{3}{4}mg^2. \quad (12)$$

Факт различия формул (11) и (12) объясняется в [11] тем обстоятельством, что  $W$  есть неполная энергия электрона.

Однако эти формулы можно примерить, если ввести понятие живой силы электрона. Согласно вычислениям Иоганна Бернулли [7], живая сила материального тела пропорциональна произведению массы тела на квадрат его скорости.

В частном случае, когда коэффициент пропорциональности равен  $1/2$ , живая сила совпадает с кинетической энергией.

Изложенные рассуждения И. Бернулли позволяют ввести для живой силы электрона формулу следующего вида:

$$T = c_3 m g^2, \quad (13)$$

в которой значения коэффициента пропорциональности  $c_3$  зависят от характера рассматриваемой задачи.

Вернёмся к уравнению (10), и входящую в него силу  $F$  выразим через изменение во времени живой силы  $T$  электрона. Действительно, работа этой силы, отнесённая к единице времени равна  $F \cdot V$ , а изменение живой силы равно  $\frac{dT}{dt}$ . Приравниваем эти величины и получаем:

$$F \cdot V = \frac{dT}{dt} = c_3 \frac{dm}{dt} \cdot g^2. \quad (14)$$

Теперь определяем  $F$  из (14), подставляем в (10) и после выполнения операции дифференцирования в левой части (10) будем иметь:

$$cm \frac{dV}{dt} + cV \frac{dm}{dt} = \frac{c_3 g^2}{V} \frac{dm}{dt}.$$

В этом соотношении удаётся разделить переменные  $m$  и  $V$  так:

$$\frac{cV dV}{(c_3 g^2 - cV^2)} = \frac{dm}{m}. \quad (15)$$

Далее введём дополнительные обозначения  $\frac{V^2}{g^2} = \beta^2$  и  $\frac{c}{c_3} = \gamma$ , которые

позволяют равенству (15) придать удобный для интегрирования вид:

$$\frac{\gamma \beta d\beta}{(1 - \gamma \beta^2)} = \frac{dm}{m}. \quad (16)$$

Производя интегрирование слева и справа в (16), получаем:

$$\ln m = -\frac{1}{2} \ln(1 - \gamma \beta^2) + \ln m_0. \quad (17)$$

Теперь освобождаемся от логарифмов и выражению (17) придаём следующий окончательный вид:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \gamma \beta^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c}{c_3} \frac{V^2}{g^2}}}. \quad (18)$$

Формула (18) отражает изменение первоначальной массы  $m_0$  электрона в зависимости от его скорости  $V$ . При  $\gamma = 1$  она переходит в формулу Эйнштейна, полученную на основе принципов теории относительности.

В [8] показано, что формула Эйнштейна недостаточно полно описывает опытные факты, параметр же  $\gamma$  в (18) может улучшить совпадение теории с опытом. Более того, параметр  $c$  в (10) и (18) может быть отрицательной величиной, что соответствует замедляющим движениям. В этом случае формула (18) может описывать движение электрона со сверхсветовыми скоростями.

### Литература

1. Бубнов В.А. Об изменении плотности в гидродинамическом потоке // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2014. № 4 (16). С. 9–19.
2. Бубнов В.А. Об уравнениях гидродинамики с переменной плотностью // Седьмые Поляховские чтения: тезисы докладов Международной конференции по механике (Санкт-Петербург, 2–6 февраля 2015 г.). М.: Издатель И.В. Баланов. 2015. С. 86.
3. Бубнов В.А. Об уточнении уравнений гидродинамики идеальной жидкости // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 2 (18). С. 9–15.

4. Бубнов В.А. Об интеграле уравнений движения идеальной жидкости // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 2 (18). С. 16–25.
5. Бубнов В.А. О деформационных движениях частицы жидкости // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2015. № 1 (20). С. 71–77.
6. Бубнов В.А. Кинематические соотношения частицы жидкости при её деформационном движении // Физическое образование в вузах. 2012. Т. 18. № 3. С. 111–119.
7. Бернулли И. Рассуждения о законах передачи движений // Бернулли И. Избранные сочинения по механике. М. – Л.: Главная редакция технико-теорет. лит., 1937. С. 41–172.
8. Кастерин Н.П. О несостоятельности принципа относительности Эйнштейна // Отдельный оттиск из Записок Новороссийского университета. Одесса, 1919. 11 с.
9. Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика. Т. 1. М. – Л.: Гос. объедин. науч.-тех. изд. ИКТП СССР, 1938. 348 с.
10. Ньютон И. Математические начала натуральной философии / пер. с лат. А.Н. Крылова // Собрание трудов академика А.Н. Крылова. Т. VII. М. – Л.: АН СССР, 1936. 696 с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. III: Электричество. М.: Наука; Главная ред. физ.-мат. лит., 1977. 687 с.

### *Literatura*

1. Bubnov V.A. Ob izmenenii plotnosti v gidrodinamicheskom potoke // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2014. № 4 (16). S. 9–19.
2. Bubnov V.A. Ob uravneniyax gidrodinamiki s peremennoj plotnost'yu // Sed'my'e Polyaxovskie chteniya: tezisy' dokladov Mezhdunarodnoj konferencii po mexanike (Sankt-Peterburg, 2–6 fevralya 2015 g.). M.: Izdatel' I.V. Balanov. 2015. S. 86.
3. Bubnov V.A. Ob utochnenii uravnenij gidrodinamiki ideal'noj zhidkosti // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 2 (18). S. 9–15.
4. Bubnov V.A. Ob integrale uravnenij dvizheniya ideal'noj zhidkosti // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 2 (18). S. 16–25.
5. Bubnov V.A. O deformatsionny'x dvizheniyax chasticzy' zhidkosti // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2015. № 1 (20). S. 71–77.
6. Bubnov V.A. Kinematicheskie sootnosheniya chasticzy' zhidkosti pri eyo deformatsionnom dvizhenii // Fizicheskoe obrazovanie v vuzax. 2012. T. 18. № 3. S. 111–119.
7. Bernulli I. Rassuzhdeniya o zakonax peredachi dvizhenij // Bernulli I. Izbranny'e sochineniya po mexanike. M. – L.: Glavnaya redakciya texniko-teoret. lit., 1937. S. 41–172.
8. Kasterin N.P. O nesostoyatel'nosti principa odnositel'nosti E'jnshtejna // Otdel'ny'j ottisk iz Zapisok Novorossijskogo universiteta. Odessa, 1919. 11 s.
9. Lagranzh Zh.L. Analiticheskaya mexanika. T. 1. M. – L.: Gos. ob'ed. nauch.-tex. izd. IKTP SSSR, 1938. 348 s.
10. N'yuton I. Matematicheskie nachala natural'noj filosofii / per. s lat. A.N. Kry'lova // Sobranie trudov akademika A.N. Kry'lova. T. VII. M. – L.: AN SSSR, 1936. 696 s.
11. Sivuxin D.V. Obshhij kurs fiziki. T. III: E'lektrichestvo. M.: Nauka; Glavnaya red. fiz.-mat. lit., 1977. 687 s.

*V.A. Bubnov*

### **On One Interpretation of Newton's Second Law**

In the work we use non-traditional form of Newton's second law: force acting on the material point, is calculated as the change in the amount of movement per unit of time, multiplied by the empirical proportionality factor. This coefficient allows us to generalize the well-known formula of A.Einstein, which determines the dependence of the electron mass on velocity.

*Keywords:* Newton; Lagrange; equation; weight; electron; electromagnetic energy.

**В.М. Овсянников**

## **Образование волн в стационарном ламинарном течении**

Анализируется гипотеза о возможности одновременного решения вычислительной машиной системы уравнений газовой динамики, уравнений, получающихся взятием производных от этой системы, и их линейной комбинации — волнового уравнения. Делается вывод о возможном отражении некоторых свойств решения волнового уравнения в решении газодинамической задачи в виде «паразитических осцилляций». Предложенная гипотеза требует численных иллюстраций и проверок.

*Ключевые слова:* уравнения газовой динамики; волновое уравнение; генерация волн давления; неустойчивость численного решения.

**В** 1997–1999 годы профессор В.А. Бубнов [1; 2] обратил внимание на то, что Н.Е. Жуковским было указано на возникновение в уравнении неразрывности членов второго порядка по времени течения. Вскоре у Эйлера были найдены аналогичные члены второго порядка, содержащие якобианы, проникающие затем в волновое уравнение и генерирующие звук [3]. Потом было обнаружено, что связь поля скорости с генерацией звука осуществляется также через образование в волновом уравнении якобианов из конвективных членов уравнений движения. Поэтому в данной статье обсуждается ситуация, когда генерация звука и волн давления происходит в классической общепринятой системе уравнений газовой динамики без привлечения членов высокого порядка малости уравнения неразрывности.

1. Английский математик М. Дж. Лайтхилл опубликовал метод вывода волнового уравнения из линеаризованной системы уравнений газовой динамики простыми формальными математическими операциями. Этих операций две: взятие производной от решаемого уравнения и составление разности двух решаемых в системе уравнений. И в том и в другом случае решение одинаково у исходного и преобразованного уравнений. Поэтому возникает вопрос: отражается ли в решении газодинамической системы уравнений решение волнового уравнения? Или, говоря другими словами, решает ли ЭВМ параллельно с задачей обтекания тела в какой-то степени волновое уравнение? Рассмотрим это подробнее.

Пусть три системы уравнений имеют одинаковое решение в виде полей компонент скорости  $u$ ,  $v$ , давления  $p$  и плотности  $\rho$ . Тогда, программируя одну из них — систему уравнений газовой динамики, мы заставим вычислительную машину отражать и решение волнового уравнения, которого мы явно

не программировали. При этом раскочку получающегося численного решения задачи обтекания можно воспринимать как отражение волнообразования, возникающего за счет ненулевой правой части неоднородного волнового уравнения.

В 1952–1954 гг. Лайтхилл [4] вывел методом акустической аналогии волновое уравнение, взяв производную по времени от уравнения неразрывности производную по координатам от уравнений движения и сложив результаты взятия производных. Он сделал это для малых отклонений плотности, давления и компонент скорости от значений для стационарного течения. В отечественной литературе это описано в учебнике Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица [5].

Проиллюстрируем этапы вывода волнового уравнения на простых алгебраических уравнениях и уравнениях газовой динамики для плоских двухмерных течений.

Первым шагом построений, выполненных Лайтхиллом, является взятие производных от уравнений газодинамической системы. Проанализируем это и проиллюстрируем на простом геометрическом примере.

2. Алгебраическое уравнение единичной окружности с центром в начале системы координат имеет вид:

$$x^2 + y^2 = 1. \quad (1)$$

График окружности может быть получен вычислением по формуле:

$$y = \sqrt{(1 - x^2)}$$

или из решения обыкновенного дифференциального уравнения, полученного дифференцированием уравнения (1):

$$2x dx + 2y dy = 0,$$

или

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{x}{y} \quad (2)$$

с привлечением начального условия

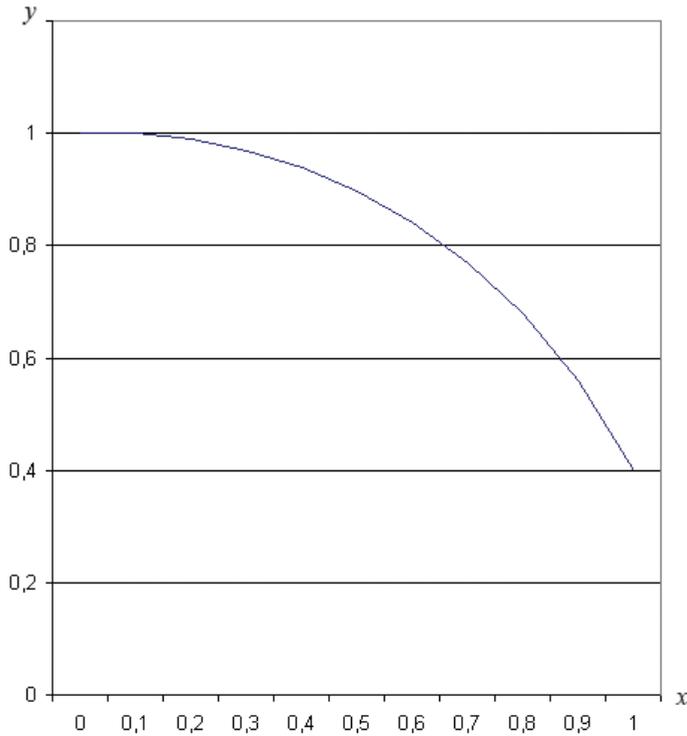
$$y = 1 \text{ при } x = 0 \quad (3)$$

Результат численного решения уравнения (2) с начальным условием (3) при достаточно крупном шаге по  $x$  с  $\Delta x = 0,1$ , приведен на рисунке 1.

Мы видим, что при крупном шаге счета для  $x = 1$  дуга имеет координату  $y = 0,4$ , хотя при точном счете должна бы достичь нуля. Результат быстро уточняется при уменьшении шага счета  $\Delta x$ .

Первым этапом вывода волнового уравнения в методе акустической аналогии Лайтхилла является взятие производных по  $t$  от уравнения неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0, \quad (4)$$



**Рис. 1.** Результат численного решения уравнения (2) с начальным условием (3) при достаточно крупном шаге по  $x$  с  $\Delta x = 0,1$

по  $x$  от уравнения движения по оси  $x$

$$\frac{\rho \partial u}{\partial t} + \frac{\rho u \partial u}{\partial x} + \frac{\rho v \partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x}, \tag{5}$$

по  $y$  от уравнения движения по оси  $y$

$$\frac{\rho \partial v}{\partial t} + \frac{\rho u \partial v}{\partial x} + \frac{\rho v \partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y}. \tag{6}$$

Мы ограничиваемся плоскими двухмерными течениями невязкого газа. Вывод уравнений Эйлера механики жидкости и газа производится при предположении, что производные компонент скорости  $\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial v}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}$  не меняются в пределах контрольной фигуры и ее окрестности. Поэтому уравнение неразрывности не содержит производных второго порядка, например,  $\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$ .

Взятие производной по времени  $t$  от уравнения неразрывности (4)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\rho \partial u}{\partial x} + \frac{u \partial \rho}{\partial x} + \frac{\rho \partial v}{\partial y} + \frac{v \partial \rho}{\partial y} = 0$$

дает

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} + \left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\rho \partial^2 u}{\partial x \partial t} + \frac{u \partial^2 p}{\partial x \partial t} + \left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) + \frac{\rho \partial^2 v}{\partial y \partial t} + \frac{v \partial p^2}{\partial y \partial t} = 0. \quad (7)$$

Взятие производной по  $x$  от уравнения движения (5)

$$\frac{\rho \partial u}{\partial t} + \frac{\rho u \partial u}{\partial x} + \frac{\rho v \partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x}$$

дает

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right) + \frac{\rho \partial^2 u}{\partial t \partial x} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\frac{u \partial u}{\partial x} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\frac{v \partial u}{\partial y} + \\ & + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) = -\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Члены  $\rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)$  и  $\rho \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2$  с хорошей точностью дают якобиан поля

скорости, умноженный на минус  $\rho$ :

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \approx \rho \left[ -\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \right] = -\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right],$$

если для сжимаемого газа приближенно положить, что

$$-\frac{\partial u}{\partial x} \approx \frac{\partial v}{\partial y},$$

как в несжимаемом течении.

Уравнение (8) принимает следующий вид:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = -\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right] + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right) + \frac{\rho \partial^2 u}{\partial t \partial x} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\frac{u \partial u}{\partial x} + \left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\frac{v \partial u}{\partial y}. \quad (9)$$

Взяв производную по  $y$  от уравнения движения (6)

$$\frac{\rho \partial v}{\partial t} + \frac{\rho u \partial v}{\partial x} + \frac{\rho v \partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y},$$

получим:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right) + \frac{\rho \partial^2 v}{\partial t \partial y} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)u \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \rho \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)\frac{v \partial v}{\partial y} = -\frac{\partial^2 p}{\partial y^2}.$$

Объединяя приближенно два члена  $\rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)$  и  $\rho \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2$  левой части

в якобиан поля скорости

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \approx \rho \left[ -\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right) + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right) \right] = -\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right],$$

получаем

$$\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = -\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right] + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right) + \frac{\rho \partial^2 v}{\partial t \partial y} + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) u \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) \frac{v \partial v}{\partial y}. \quad (10)$$

Система уравнений (7), (9), (10) должна иметь то же решение, что и исходная система уравнений газовой динамики (4), (5), (6), если для нее правильно задать граничные условия. Напомним, что при расчете графика окружности мы к дифференциальному уравнению присоединяли условие

$$y = 1 \text{ при } x = 0. \quad (3)$$

Если бы мы этого не сделали или бы дали другое начальное значение, то график рисунка 1 поднялся или опустился бы на некоторую величину по оси  $y$  и, может быть, получил бы некоторое искажение вдоль оси  $x$ , так как  $x$  входит в правую часть решаемого уравнения. Но нам для нашего исследования достаточно отметить, что некоторые свойства решения системы (7), (9), (10) имеют возможность проникнуть в решение системы уравнений газовой динамики (4), (5), (6).

Напомним, что российским математиком В.В. Русановым было опробовано решение задач газовой динамики с использованием системы уравнений повышенного порядка. Это подтверждает гипотезу об одинаковости решений у продифференцированного уравнения и исходного.

3. Проанализируем второй шаг метода акустической аналогии Лайтхилла, состоящий в сложении (или вычитании в зависимости от расположения членов) результатов взятия производных. Опять обратимся к примеру из элементарной математики. Для системы линейных алгебраических уравнений  $ax + by + c = 0$ ,  $fx + gy + h = 0$  известно, что сумма, разность или другая какая-либо линейная комбинация двух уравнений, решаемая вместе с одним из исходных уравнений, например,  $(a + f)x + (b + g)y + c + h = 0$ ,  $ax + by + c = 0$ , имеет то же решение, что и исходная система уравнений. Решением является точка с координатами  $x, y$ , находящаяся на пересечении двух прямых, например,  $y = -1 + 2x$ ,  $y = x$ , приведенных на рисунке 2.

Неизменность корней при суммировании двух уравнений системы не зависит от линейности или нелинейности графиков функций. Такое же свойство можно увидеть при касании параболы

$$y = x^2 \quad (11)$$

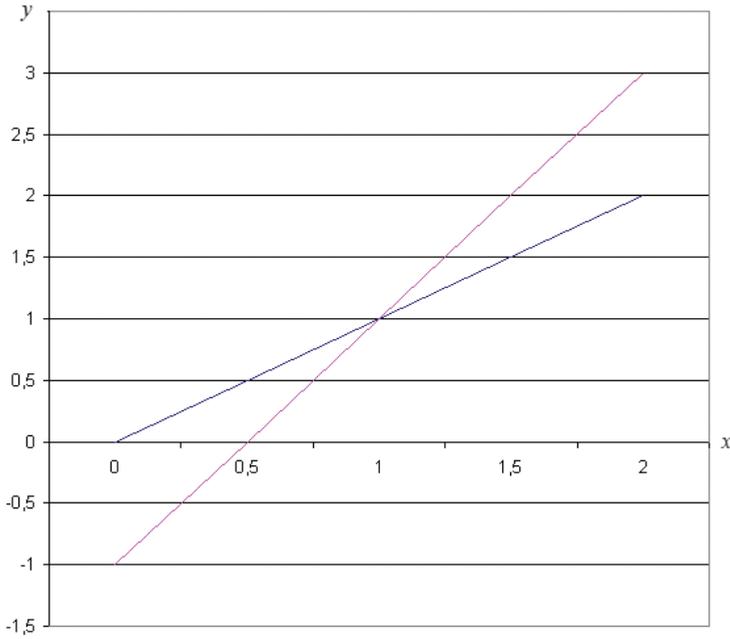
с прямой

$$y = -1 + 2x, \quad (12)$$

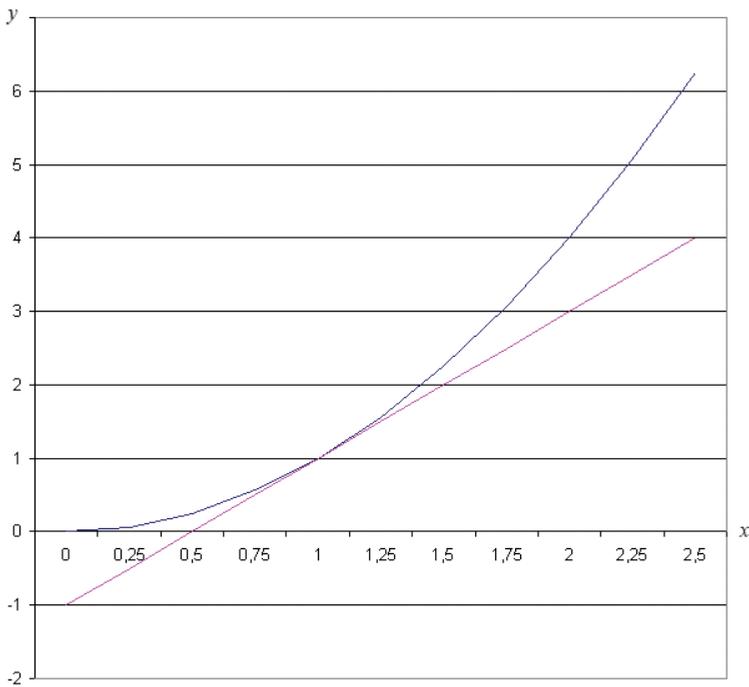
продемонстрированном на рисунке 3. При этом график суммы двух функций

$$2y = x^2 - 1 + 2x \text{ или } y = \frac{1}{2}(x^2 - 1 + 2x) \quad (13)$$

будет проходить между графиков двух исходных функций через точку решения системы уравнений.



**Рис. 2.** Графики прямых линий, иллюстрирующие решение системы двух уравнений:  $y = -1 + 2x$ ,  $y = x$



**Рис. 3.** Сплошными линиями показаны графики двух линий, иллюстрирующие решение системы двух уравнений:  $y = x^2$ ,  $y = -1 + 2x$  (штриховой линией показана их полусумма)

Поэтому можно ожидать, что совместное решение волнового уравнения и продифференцированного уравнения неразрывности будет согласовано с решением уравнений газовой динамики.

Таким образом, препятствием к идентичности решений волнового уравнения и системы уравнений газовой динамики является неконтролируемое задание начального условия для колебательного процесса. Но начальная фаза колебаний не важна, когда интересуются только интенсивностью колебаний. Перейдем к получению волнового уравнения.

4. Мы подготовили равенствами (7), (9), (10) выражения отдельных членов правой части волнового уравнения. Сложив уравнения (7), (9), (10), получаем неоднородное волновое уравнение в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = & -2\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right] + \left( \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \left( \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) \frac{u \partial u}{\partial x} + \\ & + \left( \frac{\partial \rho}{\partial x} \right) v \frac{\partial u}{\partial y} - \left( \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{u \partial^2 \rho}{\partial x \partial t} - \left( \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{v \partial \rho^2}{\partial y \partial t} + \\ & + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) \left( \frac{\partial v}{\partial t} \right) + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) u \left( \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \left( \frac{\partial \rho}{\partial y} \right) v \frac{\partial v}{\partial y}. \end{aligned}$$

Левая его часть осуществляет передачу волн по пространству, а правая, неоднородная часть — генерацию новых волн. Интересно понять, как поле стационарного ламинарного течения влияет на зарождение новых гармонических колебаний. Для этого пренебрежем производными первого порядка

от плотности  $\frac{\partial \rho}{\partial t}, \frac{\partial \rho}{\partial x}, \frac{\partial \rho}{\partial y}$  как не участвующими в основном волновом процессе.

Волновое уравнение получает вид:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = -2\rho \left[ \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} \right].$$

Правая неоднородная его часть содержит якобиан поля скорости  $\frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)}$ ,

отражающий, говоря словами геометров, искажение пространства. В различных местах поля течения величина модуля якобиана различна. Места с большими значениями модуля якобиана генерируют сильные периодические гармонические колебания плотности и давления.

Еще одним препятствием к идентичности решений волнового уравнения и системы уравнений газовой динамики является не подходящий для решения волнового уравнения шаг сетки по времени и пространственным координатам. В самом деле, решая систему уравнений газовой динамики, мы подбираем сетку только для этой системы, не обращая внимания на пригодность ее для решения волнового уравнения. Поэтому получаемое решение может лишь отдаленно отражать характер решения волнового уравнения, проявляя

это в генерации пилообразных колебаний, принимаемых нами за «паразитические осцилляции».

5. Приведем пример возникновения колебаний. Проявлением волнового процесса при обтекании тела потоком газа может рассматриваться явление флаттера на рулевых органах самолета или лопатках турбомашин. При входе в атмосферу Земли метеоритов на их поверхности образуется пленка расплава камня или металла с возникновением на ней регулярной периодической системы лунок — регмаглиптов. Целесообразно связать их появление с явлением флаттера, рассматривая их слепком застывших колебаний жидкой пленки, возникающей при ориентированном полете на участке траектории с максимальными тепловыми потоками.

Астрономы оценивают размеры лунок, находящихся в пределах от 0,05 до 0,2 характерного размера метеорита [6], склоняясь к 0,1, как к среднему их значению. Расчет, подробно представленный в монографии [7] для поперечного потенциального обтекания цилиндра с комплексным потенциалом

$$w = z + \frac{1}{z},$$

дал распределение якобиана по углу  $\varphi$  по закону  $\cos(6\varphi)$ , а значение коэффициента для вычисления размера регмаглиптов 0,13 при среднем экспериментальном значении 0,1. Согласование результатов оценок можно считать удовлетворительным, несмотря на неполноту учета особенностей обтекания.

Ответ на вопрос, поставленный в начале статьи, в какой-то степени положительный. Решая задачу обтекания тела газом, ЭВМ с какой-то большой погрешностью отражает и решение волнового уравнения. Для понимания поведения решений, получаемых численным методом, целесообразно обратить внимание на двойственность положения машины, вынужденной выдавать одновременно решение двух задач.

### *Литература*

1. Бубнов В.А. Физические принципы гидродинамических движений // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике. Вып. 4. 1997. С. 206–269.
2. Бубнов В.А. Кинематика жидкой частицы // Проблемы аксиоматики в гидрогазодинамике. Вып.7. 1999. С. 11–29.
3. Овсянников В.М. История вывода уравнения неразрывности // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (г. Казань, 20–24 августа 2015 г.). С. 2823–2824.
4. Lighthill M.J. On sound generated aerodynamically. Part I. General theory. Part II. Turbulence a source sound // Proc. Roy. Soc., A211, 1952, A222, 1954.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1988. 736 с.
6. Бронитэн В.А. Физика метеорных явлений. М.: Наука, 1981. 416 с.
7. Овсянников В.М. Конечно-разностное уравнение неразрывности Леонарда Эйлера. М.: Спутник плюс, 2014. 250 с.

*Literatura*

1. *Bubnov V.A.* Fizicheskie principy' gidrodinamicheskix dvizhenij // Problemy' aksiomatiki v gidrogazodinamike. Vy'p. 4. 1997. S. 206–269.
2. *Bubnov V.A.* Kinematika zhidkoj chasticzy' // Problemy' aksiomatiki v gidrogazodinamike. Vy'p.7. 1999. S. 11–29.
3. *Ovsyannikov V.M.* Istoriya vy'voda uravneniya nerazry'vnosti // XI Vserossijskij s'ezd po fundamental'ny'm problemam teoreticheskoy i prikladnoj mexaniki (g. Kazan', 20–24 avgusta 2015 g.). S. 2823–2824.
4. *Lighthill M.J.* On sound generated aerodynamically. Part I. General theory. Part II. Turbulence a source sound // Proc. Roy. Soc., A211, 1952, A222, 1954.
5. *Landau L.D., Lifshicz E.M.* Hidrodinamika. M.: Nauka, 1988. 736 s.
6. *Bronshhte'n V.A.* Fizika meteorny'x yavlenij. M.: Nauka, 1981. 416 s.
7. *Ovsyannikov V.M.* Konechno-raznostnoe uravnenie nerazry'vnosti Leonarda E'jlera. M.: Sputnik plyus, 2014. 250 s.

*V.M. Ovsyannikov*

**Generation of the Waves in Stationary Laminar Flow**

The hypothesis about a simultaneous solution of the equations of gas dynamics, equations obtained by taking the derivatives of this system, and their linear combination — the wave equation by a computing machine is analyzed. The author makes a conclusion of a possible reflection of certain properties of solution of the wave equation in solving gas-dynamic problem as a “parasitic oscillation”. The proposed hypothesis requires numerical illustrations and inspections.

*Keywords:* the equations of gas dynamics; the wave equation; generation of waves of pressure; instability of the numerical solution.

## ХИМИЯ

Салех М. Мокбель,  
Е.Н. Колосов,  
И.И. Михаленко

## Электрохимическое окисление 4- и 2,4-хлорфенолов на анодах $\text{SnO}_2$ , $\text{IrO}_2$ / Ti

В работе исследована активность электродов  $\text{SnO}_2$  / Ti и  $\text{IrO}_2$  / Ti в потенцио-динамическом и гальваностатическом анодном окислении 4-хлорфенола (4ХФ) и 2,4-дихлорфенола (2,4ДХФ) в кислом и в щелочном фоновом растворе. Установлено, что формальный кинетический порядок превращения 4ХФ и 2,4ДХФ различный — первый у 4ХФ и меньше первого у 2,4ДХФ. Дробный порядок  $n = 1/2$  объяснен адсорбцией и участием в реакции димеров. Константы скорости окисления на металлоксидных анодах больше, чем на аноде Pt / Ti. Электролиз 2,4ДХФ в кислой среде, контролируемый по УФ спектрам, протекает первые 4 часа по псевдонулевому порядку с одинаковой скоростью для  $\text{IrO}_2$  / Ti и  $\text{SnO}_2$  / Ti. При длительности 5–8 ч. активность  $\text{IrO}_2$  / Ti была в два раза выше активности  $\text{SnO}_2$  / Ti. Анализ электрокатализаторов методом РФЭС показал, что после электролиза на поверхности  $\text{IrO}_2$  / Ti и  $\text{SnO}_2$  / Ti содержание серы в 10 раз ниже по сравнению с Pt / Ti.

*Ключевые слова:* хлорфенолы; анодное окисление; титановая фольга; оксиды олова и иридия; платина.

**Х**лорсодержащие ароматические соединения, входящие в состав пестицидов, относятся к группе наиболее токсичных органических загрязнителей водной среды. Для них характерна медленная биологическая деградация, что способствует накоплению этих веществ в почве. Альтернативой микробиологическим технологиям и простым химическим воздействиям с целью нейтрализации хлорфенолов является недорогой и экологически чистый метод электрохимического окисления [13]. Набор материалов для электрокатализаторов анодного окисления органических веществ большой. Традиционными являются платиносодержащие аноды [8], но разработка активных и стабильных электрокатализаторов «без платины» не прекращается. Хорошие характеристики показывают оксиды, нанесенные на металлическую подложку [3–7]. Данная работа является продолжением наших исследований электрохимической активности катализаторов с Ti-подложкой в окислении хлорфенолов [3; 4].

При анодном окислении важную роль играют гидроксил радикалы  $\cdot\text{OH}$  [10], образующиеся на анодах с высоким перенапряжением кислорода  $\text{H}_2\text{O} = \cdot\text{OH} + \text{H}^+ + e^-$ . Они являются сильными окислителями и реагируют с органическими соединениями, вызывая реакции дегидрирования и/или гидратации.

Под воздействием  $\cdot\text{OH}$  и ионов  $\text{OH}^-$  в кислой среде при электроокислении фенола быстро образуются гидрохинон, бензохинон и, более медленно, карбоновые кислоты (щавелевая, малеиновая, фумаровая) вследствие разрушения бензольного кольца.

**Цель работы** — методом циклической вольтамперометрии исследовать активность электрокатализаторов  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  и  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  в окислении монохлорфенола и дихлорфенола на основании концентрационных и температурных зависимостей тока окисления в фоновом растворе кислоты и щелочи, а также кинетику электролиза в гальваностатическом режиме, а результаты сопоставить с данными, полученными для  $\text{Pt} / \text{Ti}$ -анода в тех же условиях.

### Методика эксперимента

Гладкая  $\text{Ti}$ -фольга (99,9 %) толщиной 0,1 мм с видимой поверхностью 2  $\text{cm}^2$  (две стороны) служила подложкой. За основу методики нанесения оксидов на титановую фольгу были выбраны условия и процедуры, использованные в работах [7; 10]. Перед нанесением оксидной фазы её выдерживали в ацетоне и обрабатывали кипящим 15-процентным раствором щавелевой кислоты.

**$\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ .** Титановую фольгу обрабатывали раствором хлорида олова (0,05 г  $\text{SnCl}_2$  в 50 мл этанола), высушивали на воздухе в течение 20 мин. при 20 °С, выдерживали на воздухе 15 мин. при 200 °С. Эту процедуру повторили десять раз, затем образец отжигался 1,5 часа в муфельной печи при 500 °С.

**$\text{IrO}_2 / \text{Ti}$ .** Предварительно фольгу титана выдерживали в водном 0,0025 М растворе хлорида иридия (0,5 г  $\text{IrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в 670 мл деионизированной воды, pH 1,8). Затем в этот раствор при постоянном перемешивании в течение 6 часов в автоматическом режиме добавляли каждые 3 мин. по 0,01 мл раствора 0,01 М  $\text{LiOH}$  до достижения pH 12 и молярного соотношения  $[\text{LiOH}] / [\text{IrCl}_3] = 3$ . В этом растворе обрабатывали  $\text{Ti}$ -фольгу, затем её сушили на воздухе 20 мин. при 20 °С и 15 мин. выдерживали в печи при 200 °С. Процедуру повторяли десять раз, после чего образец отжигался 1,5 часа при 500 °С.

Образец  $\text{Pt} / \text{Ti}$  был получен электроосаждением платины на  $\text{Ti}$ -фольгу из раствора  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_3)_4]$  при следующих условиях: длительность платинирования — 3 часа, ток — 40 мА, потенциал — 2,2 В, коэффициент шероховатости поверхности  $\text{Pt} / \text{Ti}$  анода (отношение истинной поверхности к видимой), рассчитанный по площади пика водорода  $I-E$  кривых, равен  $F = 35$ . Содержание платины составляло 15 % от массы титана, что было определено методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (спектрометр Clever-31).

**Потенциодинамические измерения** с регистрацией  $I-E$  зависимостей в интервале потенциалов от  $-0,1$  до  $+2,5$  В проводили в трехэлектродной ячейке с разделенными катодным и анодным пространствами, в которой электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод, вторым электродом была платиновая сетка (4  $\text{cm}^2$ ), а рабочим электродом  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ ,  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  или  $\text{Pt} / \text{Ti}$ .  $I-E$  кривые

регистрировали для фонового раствора (0,5 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или 1 М  $\text{NaOH}$ ), а затем для тех же растворов, содержащих 2,4-дихлорфенол и 4-хлорфенол, в условиях барботирования раствора гелием. В первой серии опытов варьировали начальную концентрацию хлорорганического вещества при комнатной температуре (25 °С), во второй серии при постоянной концентрации хлорфенола в реакционном растворе ( $C_0 = 0,03$  мМ) варьировали температуру в интервале 20–43 °С. Скорость развертки потенциала во всех опытах выбрана  $V = 100$  мВ/с на основании определения зависимости тока в пике окисления  $I_{ox}$  от  $V$  в интервале значений  $V$  от 30 до 100 мВ. Линейность между  $I_{ox}$  и квадратным корнем  $V$ , соответствующая диффузионной модели метода ЦВА, отсутствует при  $V > 60$  мВ/с, что указывает на переход реакции из диффузионной в кинетическую область. В полулогарифмических координатах  $\ln I_{ox} - V^{1/2}$  были получены линейные зависимости для всех электродов и фоновых растворов, подтверждающие основной вклад гетерогенно-каталитических процессов в окислении изученных веществ при скоростях развертки потенциала выше 60 мВ/с.

**Гальваностатический режим.** Длительный электролиз проводили с кислым раствором 2,4 ДХФ ( $C_0 = 0,03$  мМ) при комнатной температуре (ток — 26 мА, потенциал — 2,9 В). Для контроля за изменением состава реакционной смеси применяли УФ-спектроскопию. По ходу электролиза отбирали по 0,5 мл реакционной смеси, разбавляли её 4,5 мл фонового раствора и регистрировали спектры поглощения на спектрофотометре СК-101. В конце электролиза методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии исследовали элементный состав поверхностного слоя анодов с использованием спектрометра Kratos Axis Ultra DLD (излучение AlK $\alpha$  с нейтрализатором, энергия пропускания — 160 эВ для записи обзорного спектра и 40 эВ для записи спектра высокого разрешения).

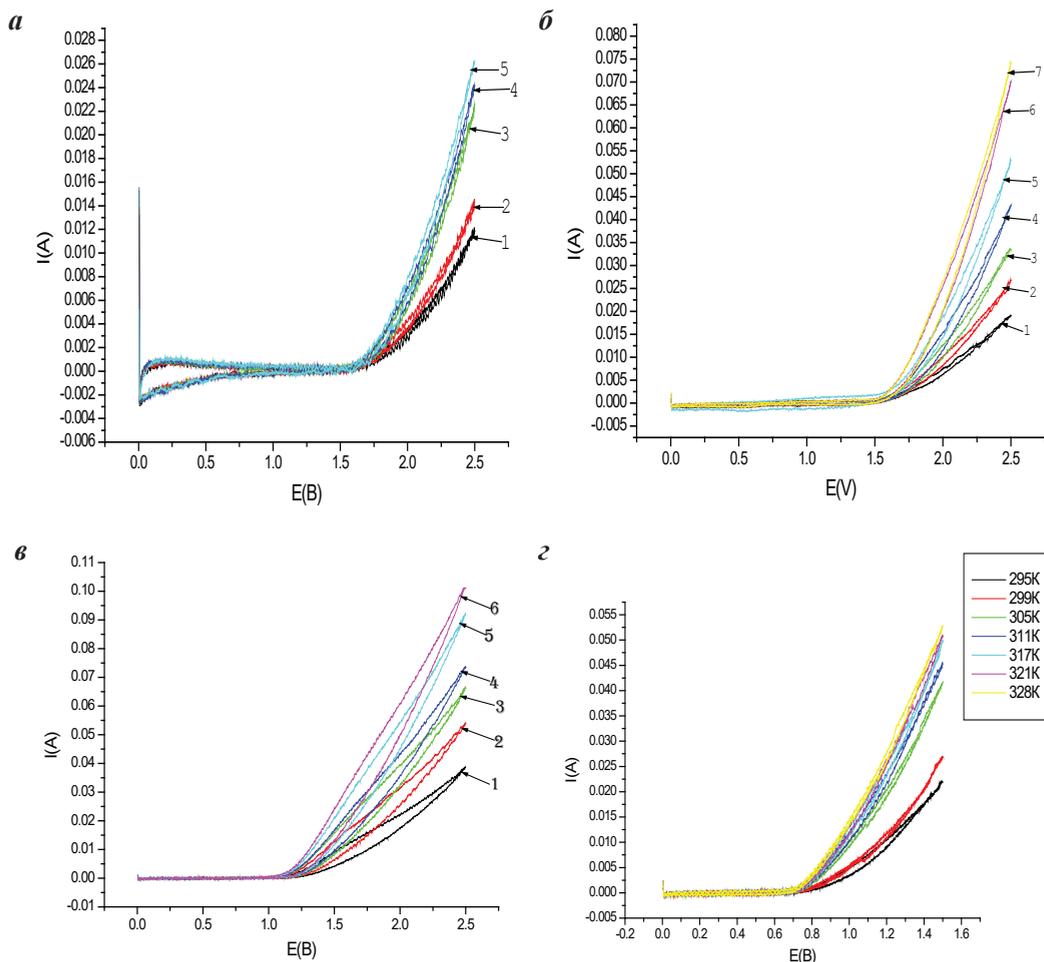
## Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены типичные потенциодинамические кривые.

Видно, что окисление 2,4 ДХФ (а, б) на обоих анодах начинается при потенциалах выше 1,4 В с пиком тока окисления  $I_{ox}$  при 2,4 В, значение которого возрастает при повышении концентрации вещества или температуры. В щелочной среде потенциалы окисления сдвигаются в сторону меньших значений. Сравнение активности анодов проводили по току максимального тика окисления  $I_{oxm}$  за вычетом тока фона  $I_{ox\text{фон}}$  при данном потенциале. Значение разности  $I_{ox} = I_{oxm} - I_{ox\text{фон}}$  является скоростью анодного гетерогенно-каталитического окисления вещества.

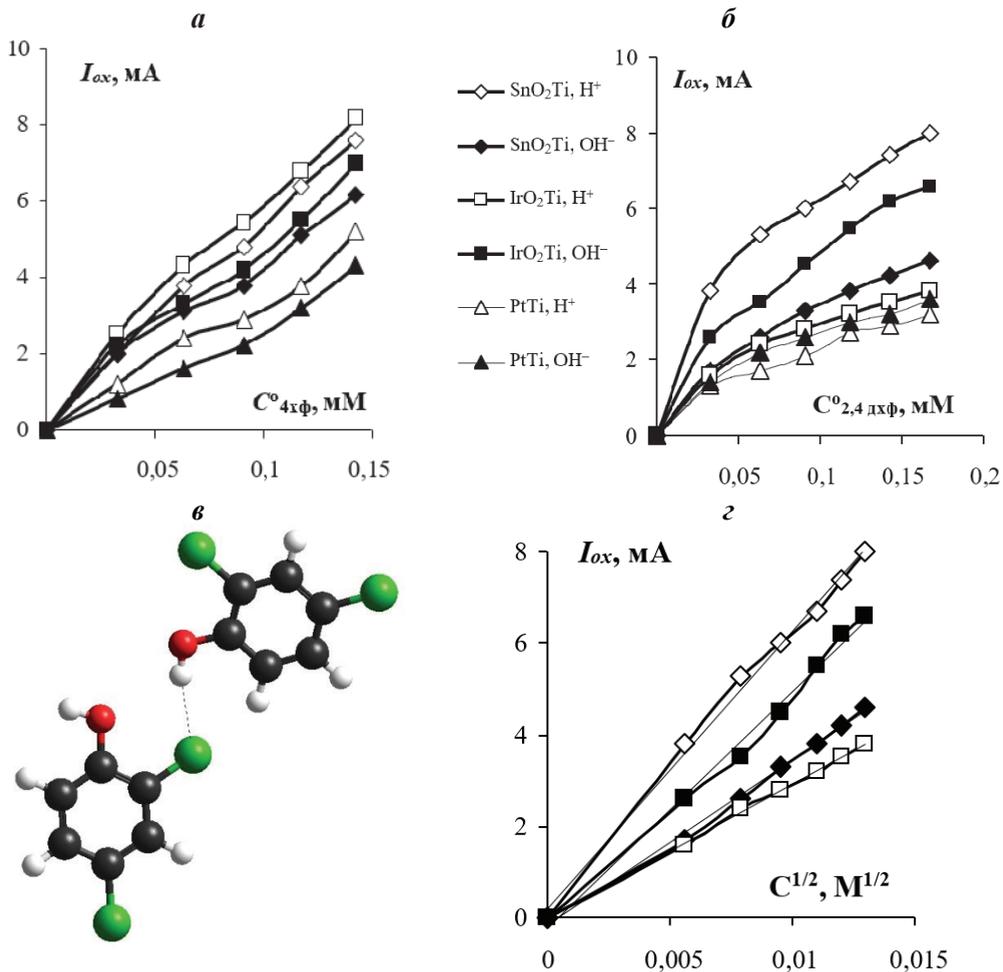
**Влияние концентрации.** Зависимости тока окисления от начальной концентрации 4 ХФ (см. рис. 2 а) были линейными для всех катализаторов.

Тангенс угла наклона прямых линий  $I_{ox} = f(C_0)$  — это значение эффективной константы скорости реакции первого порядка для сложного гетерогенного процесса электроокисления. Значения  $K_1$  приведены в таблице 1. Видно, что у образцов  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  и  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  они выше в 1,5 раза по сравнению с платинированным анодом. У всех катализаторов константы  $K_1$  в кислой среде на 15–20 % больше, чем в щелочной.



**Рис. 1.**  $I$ – $E$  зависимости окисления 2,4-дихлорфенола в кислом растворе на аноде  $\text{SnO}_2/\text{Ti}$  (*a*) и аноде  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  (*б*) и окисления 4-дихлорфенола в щелочном растворе на  $\text{SnO}_2/\text{Ti}$  (*в*) при возрастающих концентрациях вещества (линии 2–7 на рис. *a*, *б*, *в*), *з* — окисление 4-хлорфенола на  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  в растворе щелочи при разных температурах и  $C_0 = 0,03$  мМ. Черные линии (1) — фоновый раствор, комнатная температура

В случае 2,4-дихлорфенола зависимости  $I_{ox} = f(C_0)$  нелинейные (см. рис. 2 б), формальный кинетический порядок меньше единицы и они хорошо спрямляются в координатах  $I_{ox} - \sqrt{C_0}$  (см. рис. 2 в). Дробный кинетический порядок  $n = 1/2$  указывает на то, что механизм электрокаталитической реакции осложнен стадией адсорбции, в которой, возможно, участвуют ассоциированные формы вещества. Образование димеров у хлорсодержащих фенолов возможно. На это указывают литературные данные [14] и результаты квантово-химических расчетов, выполненных с помощью программы *Hyper Chem 8.0* [14]. У 2,4ДХФ в ассоциате образуется также связь Н – Cl (см. рис. 2 з), которой нет у монохлорфенолов. Значения констант скорости электроокисления с порядком  $n = 1/2$  также



**Рис. 2.** Концентрационные зависимости тока окисления 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола:

*a, б* — зависимости скорости (тока) окисления от начальной концентрации вещества;

*в* — спрямление зависимостей  $I_{ox} - C$  для 2,4-дихлорфенола согласно порядку  $n = 1/2$ ;

*z* — модель димера 2,4-дихлорфенола [14]

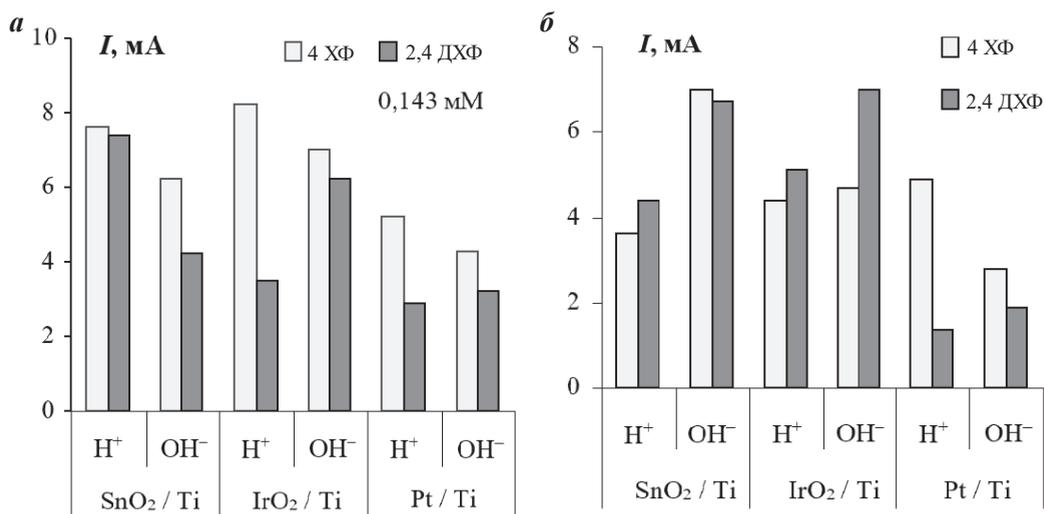
приводятся в таблице 1. Как и в случае констант  $K_1$  для 4-хлорфенола, константы  $K_{1/2}$  для 2,4-дихлорфенола выше в 1,5–2 раза у анодов SnO<sub>2</sub>/Ti и IrO<sub>2</sub>/Ti по сравнению с платинированным титаном.

Скорость электроокисления зависит от состава катализатора, природы окисляемого вещества и среды. На гистограммах рисунка 3 мы сравнили значения тока окисления при комнатной температуре и высокой концентрации вещества (*a*), а также при температуре выше комнатной (40 °C) и низкой концентрации вещества (*б*). Видно, что скорость окисления 2,4-дихлорфенола, как правило, ниже по сравнению с 4-хлорфенолом, аноды SnO<sub>2</sub>/Ti и IrO<sub>2</sub>/Ti более активны, чем Pt/Ti-анод. Наибольший двухкратный рост скорости окисления по сравнению с платинированным титаном показывает анод IrO<sub>2</sub>/Ti в кислой среде.

Таблица 1

**Формальный кинетический порядок и константы скорости электроокисления 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола на Ti-анодах в кислой (1) и щелочной (2) среде, Размерность констант —  $K_1 [A \cdot (л/моль)]$ ,  $K_{1/2} [A \cdot (л/моль)^{1/2}]$**

Вещество	Анод Среда	Pt / Ti		SnO <sub>2</sub> / Ti		IrO <sub>2</sub> / Ti	
		1	2	1	2	1	2
4 ХФ	<i>n</i>	1	1	1	1	1	1
	$K_1$	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>52</b>	<b>41</b>	<b>55</b>	<b>46</b>
	$R^2$	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
2,4 ДХФ	<i>n</i>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	$K_{1/2}$	<b>0,245</b>	<b>0,275</b>	<b>0,605</b>	<b>0,357</b>	<b>0,292</b>	<b>0,514</b>
	$R^2$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99



**Рис. 3.** Сравнение активности металлооксидных катализаторов с Pt / Ti-анодом по данным концентрационных зависимостей при  $C_0 = 0,143$  mM и 25 °C (а) и температурных зависимостей при  $C_0 = 0,03$  mM и 40 °C (б)

**Влияние температуры** на ток пика окисления  $I_{ox}$  в случае 2,4-дихлорфенола демонстрирует рисунок 4 а. Активность анодов в щелочной среде выше, чем в кислой. Аналогичный результат был получен и для 4-хлорфенола на SnO<sub>2</sub> / Ti, но у образца IrO<sub>2</sub>/Ti заметного влияния среды на активность катализатора не наблюдалось.

Зависимости  $I_{ox} - T$  близки к линейной форме с регрессионными коэффициентами  $R^2$  выше 0,98, поэтому рассчитывались температурные коэффициенты  $\beta = \frac{\Delta I_{ox}}{\Delta T}$  (см. табл. 2). Для 4-хлорфенола они не зависят от среды

и материала анода и составляют  $\beta = 0,12 \div 0,16$ . Наибольшее значение  $\beta$  у системы IrO<sub>2</sub> / Ti — 2,4 ДХФ в щелочном фоновом растворе.

Изменение химического состава поверхности Ti-анода играет ключевую роль, поскольку от него зависит энергетика адсорбции хлорорганического вещества и процесса его электроокисления. На рисунке 4 б для примера показаны две аррениусовские зависимости. В узком интервале температур зависимости  $\ln I_{ox} - \frac{1}{T}$  не всегда имеют высокое значение  $R^2$ , но сравнение экспериментальной энергии активации электрохимического окисления вещества  $E_a$  представляется целесообразным (табл. 2), учитывая разную форму субстратов, влияющую на прочность связи молекул хлорфенолов с поверхностью.

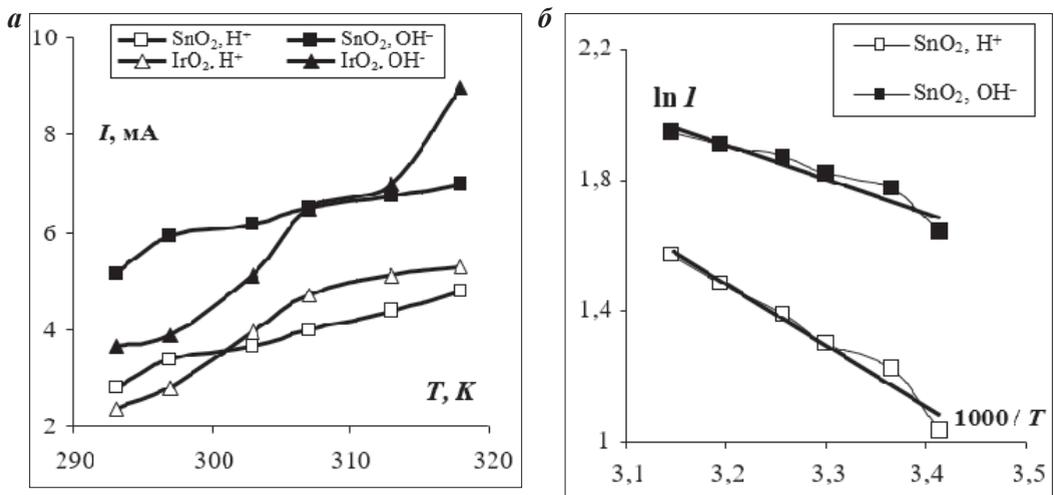


Рис. 4. а — температурные зависимости тока окисления 2,4-дихлорфенола, б — пример аррениусовских зависимостей

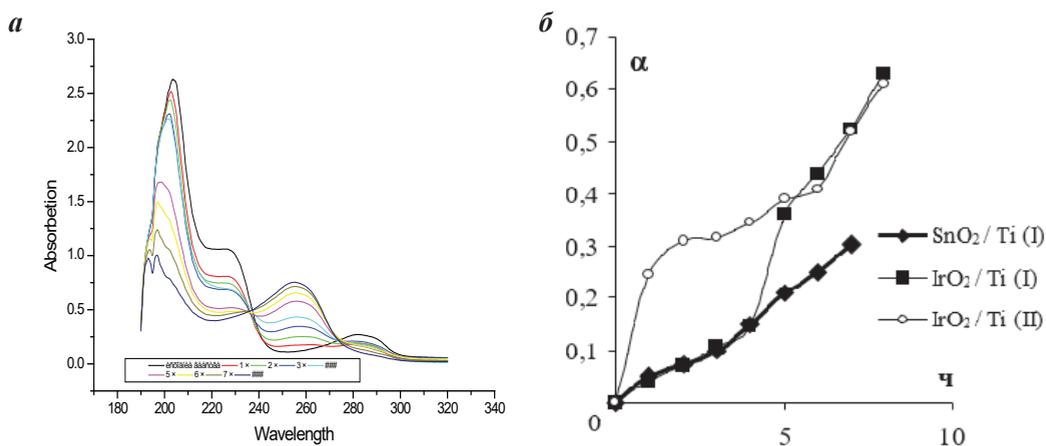
Таблица 2

Температурный коэффициент  $\beta$  (мА/град) и значения кажущейся энергии активации  $E_a$  (кДж/моль) электроокисления 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола на платинированном и оксидных титановых анодах в кислой (1) и щелочной (2) среде

Вещество	Образец Среда	Pt /Ti		SnO <sub>2</sub> /Ti		IrO <sub>2</sub> /Ti	
		1	2	1	2	1	2
4 ХФ	$\beta$	0,15	0,08	0,12	0,14	0,15	0,16
2,4 ДХФ		0,032	0,034	0,075	0,067	0,13	0,21
4 ХФ	$E_a$	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
	$\ln I_0$	12,5	10,3	11,0	6,5	12,8	12,7
	$R^2$	0,97	0,97	0,96	0,95	0,96	0,99
2,4 ДХФ	$E_a$	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>31</b>	<b>28</b>
	$\ln I_0$	7,3	6,6	7,5	5,2	13,7	13,0
	$R^2$	0,99	0,99	0,97	0,92	0,96	0,98

С наименьшим значением  $E_a = 9 - 12$  кДж/моль протекает окисление обоих веществ в щелочной среде на аноде  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ . Увеличенные в  $\sim 3$  раза значения  $E_a \sim 30$  кДж/моль были получены для  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$ , и они не зависят от вещества и среды. Более высокая активность оксидных анодов связана не только со снижением  $E_a$  (анод  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ ), но и с увеличенной рабочей поверхностью электрода. На это указывает значение логарифма предфактора ( $\ln I_{ox}$ ), которое в случае системы 2,4 ДХФ –  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  увеличивается в два раза. Кроме того, после платинирования образца  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  коэффициент шероховатости  $\text{Pt} / \text{IrO}_2 / \text{Ti}$  стал равен  $F = 76$ , т. е. в два раза больше, чем у образца  $\text{Pt} / \text{Ti}$  с  $F = 35$ , полученного в тех же условиях осаждения Pt.

**Электролиз.** На рисунке 5 показаны спектры поглощения водного раствора 2,4-дихлорфенола в кислой среде с анодом  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$ , изменяющиеся по ходу электролиза.



**Рис. 5. а** — УФ-спектры поглощения 2,4-дихлорфенола в растворе  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до электролиза (черная линия) и после электролиза различной длительности с анодом  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$ ;  
**б** — изменение степени превращения 2,4ДХФ в ходе электролиза

Аналогичный спектр получен для  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ . В исходном спектре (до электролиза — это черная линия) имеются две полосы поглощения /п.п./ молекулярной формы ХФ — 200–210 нм (I) и 280 нм (II), а также плечо в области 230 нм, принадлежащее анионной форме вещества. Длинноволновая полоса (280 нм) связана с электронным переходом из основного состояния  $S_0$  в  $S_2(\pi\sigma^*)$ , частично локализованного на связи C–Cl [17]. Амплитуды ( $A$ ) полос I и II уменьшаются, а амплитуда п.п.  $\sim 255$  нм (III), принадлежащая бензохинону, увеличивается во времени. Смещение пика I в коротковолновую область указывает на присутствие гидрохинона, из которого образуется бензохинон. В условиях электрокатализа мы не наблюдаем поглощения при  $\lambda \geq 290$  нм, которое связано с образованием интермедиатов ХФ с гидрохиноном и бензохиноном, как в случае фотоокисления на  $\text{TiO}_2$  катализаторах [11].

На рисунке 5 б представлены временные зависимости степени превращения  $\alpha = [A_0 - A] / A_0$ , где  $A_0$  и  $A$  — амплитуды до и в процессе электролиза соответственно. Видно, что для образца  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  зависимость  $\alpha$ , рассчитанная по коротковолновому максимуму, линейно увеличивается по времени, что соответствует псевдонулевому порядку с высоким коэффициентом линейной регрессии  $R^2 = 0,99$ . Наклон прямой равен скорости и эффективной константе скорости окисления  $K_{\text{эфф}}$  (табл. 3). Зависимость степени превращения от длительности электролиза с анодом  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  имеет два линейных участка — начальный совпадает с линией анода  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ , но после 4 часов активность  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  больше — значение  $K_{\text{эфф}}$  возрастает в два раза (табл. 3), что может быть связано с изменением в ходе электролиза состояния иридия, например, его восстановления  $\text{IrO}_2 \rightarrow \text{Ir}^{+3} \rightarrow \text{Ir}^0$ .

Таблица 3

### Константы скорости электролиза 2,4-дихлорфенола (кислая среда, 25 °С)

Образец	SnO <sub>2</sub> / Ti	IrO <sub>2</sub> / Ti			
		210 (I)	210 (I)	280 (II)	280 (II)
$\lambda$ , нм при $t = 0$ , (пик)	210 (I)	210 (I)	210 (I)	280 (II)	280 (II)
Интервал времени, ч.	1–7	1–4	5–8	4–8	1–8
Формальный порядок	0	0	0	0	1
$K_{\text{эфф}}$ , ч <sup>-1</sup>	0,043	0,036	0,077	0,074	0,12

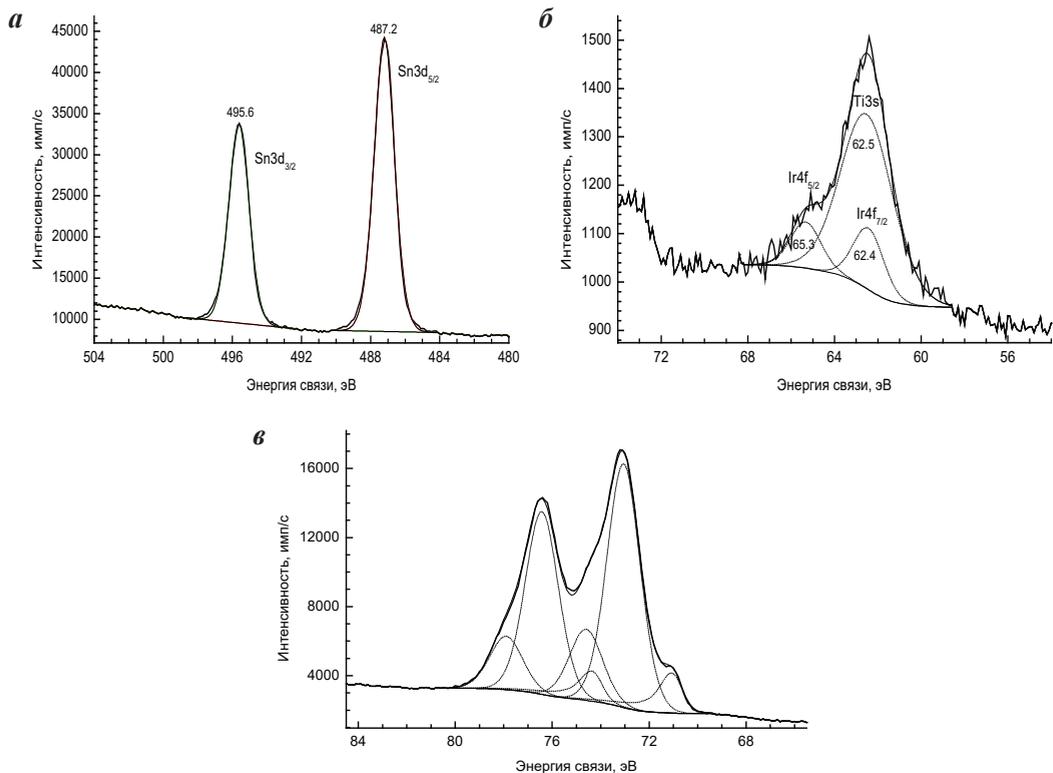
Расчет  $\alpha$  по длинноволновому максимуму на интервале 5–8 часов дает то же значение  $K_{\text{эфф}}$  ( $n = 0$ ) для  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$ . Но начальный участок нелинейный, кинетика электролиза соответствует первому порядку, который удовлетворительно описывает и всю временную зависимость; она хорошо спрямляется в координатах  $\ln \alpha$  — время. Значит, на определение порядка  $n$  влияет специфичность полосы поглощения.

Содержание элементов в поверхностном слое образцов и зарядовое состояние олова и иридия в конце электролиза в кислой среде было проанализировано методом РФЭС (табл. 4, рис. 6). Установлено присутствие титана на поверхности обоих образцов, то есть сплошное покрытие Ti-фольги слоем оксида отсутствует. В случае  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  атомное отношение Ti / Sn = 10. В большом количестве присутствует углерод. Содержание серы невелико, 0,3–0,4 ат. %, а у Pt / Ti оно в 10 раз больше.

Таблица 4

### Концентрации элементов на поверхности по данным обзорных спектров

Образец	Элемент и его атомный %								
	O	C	N	Cl	S	Si	Ti	Sn	Ir и Pt
SnO <sub>2</sub> / Ti	30,4	55,6	6,2	0,7	0,4	1,1	3,0	2,6	–
IrO <sub>2</sub> / Ti	20,6	66,9	3,4	6,0	0,3	1,0	1,6	–	0,02
Pt / Ti	27,6	56,9	7,7	1,6	3,1	0,2	0,2	–	2,5



**Рис. 6.** Рентгенофотоэлектронные спектры высокого разрешения линий олова (Sn3d-электронов) анода SnO<sub>2</sub>/Ti (*a*), иридия и титана (Ti3s и Ir4f) анода IrO<sub>2</sub>/Ti (*б*) и платины Pt4f анода Pt/Ti (*в*). Атомное отношение O/Ti равно 30/3 = 10 (SnO<sub>2</sub>/Ti) и 20,6 / 1,6 = 13 (IrO<sub>2</sub>/Ti)

У IrO<sub>2</sub>/Ti содержание хлора в 10 раз больше, чем у SnO<sub>2</sub>/Ti, поэтому из-за высокого содержания углерода и хлора не удастся получить хороший сигнал иридия. Кроме того, линии Ti3s-электронов и Ir4f-электронов накладываются. Значения энергии связи 495,6 и 487,2 эВ линий олова 3d<sub>3/2</sub> и 3d<sub>5/2</sub> совпадают со справочными данными SnO<sub>2</sub> [12]. Спектр Sn LMM также соответствует оксиду олова (IV). На рисунке 6 б приведен РФЭ-спектр области, где располагаются линии Ti3s (самая интенсивная) и Ir4f с разложением на компоненты. Энергия связи Ir4f<sub>7/2</sub> (62,4 эВ) соответствует как оксиду IrO<sub>2</sub>, так хлориду IrCl<sub>3</sub>. Здесь же приведен РФЭ спектр платины (рис. 6 в), которая в основном присутствует в виде Pt<sup>+2</sup> (70 % атомов) с энергиями связи 73,1 и 76,4 эВ линий Pt4f<sub>7/2</sub> (1) и Pt4f<sub>5/2</sub> (2). Имеются также Pt<sup>+4</sup> (20 %) с энергиями 74,6 (1) и 77,9 (2) эВ и восстановленная форма Pt<sup>0</sup> (10 %) с энергиями 71,0 (1) и 74,3 (2) эВ.

Таким образом, аноды SnO<sub>2</sub>/Ti и IrO<sub>2</sub>/Ti по активности в реакции окисления 4-хлорфенола и 2,4-дихлорфенола превосходят платинированный Ti-анод. Данные циклической вольтамперометрии показывают нелинейные концентрационные зависимости скорости окисления 2,4-дихлорфенола с порядком 1/2, что предполагает

участие в электрохимическом превращении ассоциированных молекул (димеров). Сопоставлены константы скорости и энергии активации  $E_a$  электроокисления веществ на аноде с платиной и с оксидами. Наиболее низкие значения  $E_a$  были получены в щелочной среде с образцом  $\text{SnO}_2/\text{Ti}$  (9–12 кДж/моль), тогда как у  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  они составляют 28–31 кДж/моль. После электролиза в поверхностном слое  $\text{SnO}_2/\text{Ti}$  и  $\text{IrO}_2/\text{Ti}$  присутствует титан и в 10 раз меньше серы по сравнению с  $\text{Pt}/\text{Ti}$ .

### Литература

1. Желовицкая А.В., Ермолаева Е.А., Дресвянников А.Ф. Окисление органических соединений с помощью гидроксид-радикала, генерируемого в растворах химическим и электрохимическим методами // Вестник Казанского технолог. унив. 2008. № 6. С. 209.
2. Заев Д.А., Михаленко И.И. Квантово-химический анализ димеризации хлорфенолов // Успехи синтеза и комплексообразования: тезисы докладов I Всероссийской молодежной школы-конференции (Москва, 25–28 апреля 2016 г.). М.: Изд-во РУДН, 2016. С. 294.
3. Салех М. Мокбель, Колосов Е.Н., Михаленко И.И. Окисление фенола и хлорфенолов на платинированных титановых анодах в кислой среде // Журнал физической химии. 2016. Т. 90. № 6. С. 960–963.
4. Салех М. Мокбель, Колосов Е.Н., Михаленко И.И. Электрокаталитическое окисление 4-хлорфенола на титане, модифицированном оксидом иридия // Материалы I Всерос. научно-практ. конф. (г. Иркутск, 28–29 апреля 2015 г.). Иркутск: Изд-во ИТНИТУ, 2015. С. 3–5.
5. Bestaoui N., Prouzet E. Chimie Douce Route to Pure Iridium Oxide // J. Chem. Mater. 1997. V. 9. P. 1036.
6. Chatzisymeona E., Fierrob S., Karafyllis I., Mantzavinosa D., Kalogerakisa N. Katsaounisa Anodic oxidation of phenol on  $\text{Ti}/\text{IrO}_2$  electrode: Experimental studies // Catalysis Today. 2010. V. 151. P. 185.
7. Cruz J.C., Baglio V., Siracusano S., Ornelas R., Ortiz-Frade L., Arriaga L.G., et al. Nanosized  $\text{IrO}_2$  electrocatalysts for oxygen evolution reaction in an SPE electrolyzer // J. Nanopart Res. 2011. V.13. P.1639.
8. Ezerskis Z., Zusus. Z. Oxidation of chlorophenols on Pt electrode in alkaline solution studied by cyclic voltammetry, galvanostatic electrolysis, and gas chromatography-mass spectrometry // Pure Appl. Chem. 2001. V. 73. n°12. P. 1829.
9. Fierro S., Kapalka A., Comninellis C. Electrochemical comparison between  $\text{IrO}_2$  prepared by thermal treatment of iridium metal and  $\text{IrO}_2$  prepared by thermal decomposition of  $\text{H}_2\text{IrCl}_6$  solution // Electrochemistry Commun. 2010. V. 12. P. 172.
10. Haiqing Xu, Aiping Li and Xiaochun Cheng Electrochemical Performance of Doped  $\text{SnO}_2$  Coating on Ti Base as Electrooxidation Anode // Int. J. Electrochem. Sci. 2011. V. 6. C. 5114.
11. Kais Elghniji, Olfa Hentati, Najwa Mlaik, Ayman Mahfoudh, Mohamed Ksibi Photocatalytic degradation of 4-chlorophenol under P-modified  $\text{TiO}_2/\text{UV}$  system // Journal of Environmental Sciences. 2012. V. 24 (3). P. 479.
12. Kövér L., Kovács Z., Sanjinés R., Moretti G., Cserny I., Margaritondo G., Pálincás J., Adachi H. Electronic structure of tin oxides: High-resolution study of XPS and Auger spectra // Surface and Interface Analysis. 1995. V. 23. № 7–8. P. 461.

13. *Janseen L.J.J., Koene L.* The role of electrochemistry and electrochemical technology in environmental protection // *Chemical Engineering Journal*. 2002. V. 85. P. 137.
14. *Passivirta J., Lahtiperä M., Leskijärvi T.* Experiences of structure analyses of chlorophenol dimmers and trimers found in different samples // *Pergamon Series of Environmental Sciences*. 2013. V.5. P.191.
15. *Panic V.V., Dekanski A.B.* Oxidation of phenol on  $\text{RuO}_2 - \text{TiO}_2 / \text{Ti}$  anodes // *J. Solid State Electrochemistry*. 2005. V. 9. P.43.
16. *Sirers I., Brillas E.G., Cerisola P.M.* Comparative depollution of mecoprop aqueous solutions by electrochemical incineration using BDD and  $\text{PbO}_2$  as high oxidation power anodes // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2008. V. 613. P.151.
17. *Svetlichnyi V.A., Chaikovskaya O.N., Bazyl' O.K.* Photolysis of phenol and para-chlorophenol by UV laser excitation // *High Energy Chem*. 2001. V. 35 (4). P. 258.

### Literatura

1. *Zheloviczkaya A.V., Ermolaeva E.A., Dresvyannikov A.F.* Okislenie organicheskix soedinenij s pomoshh'yu gidroksid-radikala, generiruemogo v rastvorax ximicheskim i e'lektroximicheskim metodami // *Vestnik Kazanskogo texnolog. univ.* 2008. № 6. S. 209.
2. *Zaev D.A., Mixalenko I.I.* Kvantovo-ximicheskij analiz dimerizacii xlorfenolov // *Uspexi sinteza i kompleksobrazovaniya: tezisy' dokladov I Vserossijskoj molodezhnoj shkoly'-konferencii (Moskva, 25–28 aprelya 2016 g.)*. M.: Izd-vo RUDN, 2016. S. 294.
3. *Salex M. Mokbel', Kolosov E.N., Mixalenko I.I.* Okislenie fenola i xlorfenolov na platinirovanny'x titanovy'x anodax v kisloj srede // *Zhurnal fizicheskoy ximii*. 2016. T. 90. № 6. S. 960–963.
4. *Salex M. Mokbel', Kolosov E.N., Mixalenko I.I.* E'lektrokataliticheskoe okislenie 4-xlorfenola na titane, modificirovannom oksidom iridiya // *Materialy' I Vseros. nauchno-prakt. konf. (g. Irkutsk, 28–29 aprelya 2015 g.)*. Irkutsk: Izd-vo ITNITU, 2015. S. 3–5.
5. *Bestaoui N., Prouzet E.* Chimie Douce Route to Pure Iridium Oxide // *J. Chem. Mater.* 1997. V. 9. P. 1036.
6. *Chatzisymeona E., Fierrob S., Karafyllis I., Mantzavinosa D., Kalogerakisa N.* Katsaounisa Anodic oxidation of phenol on  $\text{Ti} / \text{IrO}_2$  electrode: Experimental studies // *Catalysis Today*. 2010. V. 151. P. 185.
7. *Cruz J.C., Baglio V., Siracusano S., Ornelas R., Ortiz-Frade L., Arriaga L.G., et al.* Nanosized  $\text{IrO}_2$  electrocatalysts for oxygen evolution reaction in an SPE electrolyzer // *J. Nanopart Res.* 2011. V.13. P.1639.
8. *Ezerskis Z., Zusus. Z.* Oxidation of chlorophenols on Pt electrode in alkaline solution studied by cyclic voltammetry, galvanostatic electrolysis, and gas chromatography-mass spectrometry // *Pure Appl. Chem.* 2001. V. 73. n°12. P. 1829.
9. *Fierro S., Kapalka A., Comninellis C.* Electrochemical comparison between  $\text{IrO}_2$  prepared by thermal treatment of iridium metal and  $\text{IrO}_2$  prepared by thermal decomposition of  $\text{H}_2\text{IrCl}_6$  solution // *Electrochemistry Commun.* 2010. V. 12. P. 172.
10. Haiqing Xu, Aiping Li and Xiaochun Cheng Electrochemical Performance of Doped  $\text{SnO}_2$  Coating on Ti Base as Electrooxidation Anode // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2011. V. 6. C. 5114.
11. Kais Elghniji, Olfa Hentati, Najwa Mlaik, Ayman Mahfoudh, Mohamed Ksibi Photocatalytic degradation of 4-chlorophenol under P-modified  $\text{TiO}_2 / \text{UV}$  system // *Journal of Environmental Sciences*. 2012. V. 24 (3). P. 479.

12. *Kövér L., Kovács Z., Sanjinés R., Moretti G., Cserny I., Margaritondo G., Pálinkás J., Adachi H.* Electronic structure of tin oxides: High-resolution study of XPS and Auger spectra // *Surface and Interface Analysis*. 1995. V. 23. № 7–8. P. 461.
13. *Janseen L.J.J., Koene L.* The role of electrochemistry and electrochemical technology in environmental protection // *Chemical Engineering Journal*. 2002. V. 85. P. 137.
14. *Passivirta J., Lahtiperä M., Leskijärvi T.* Experiences of structure analyses of chlorophenol dimmers and trimers found in different samples // *Pergamon Series of Environmental Sciences*. 2013. V.5. P.191.
15. *Panic V.V., Dekanski A.B.* Oxidation of phenol on  $\text{RuO}_2 - \text{TiO}_2 / \text{Ti}$  anodes // *J. Solid State Electrochemistry*. 2005. V. 9. P.43.
16. *Sirers I., Brillas E.G., Cerisola P.M.* Comparative depollution of mecoprop aqueous solutions by electrochemical incineration using BDD and  $\text{PbO}_2$  as high oxidation power anodes // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2008. V. 613. P.151.
17. *Svetlichnyi V.A., Chaikovskaya O.N., Bazyl' O.K.* Photolysis of phenol and para-chlorophenol by UV laser excitation // *High Energy Chem*. 2001. V. 35 (4). P. 258.

**Saleh M. Mokbel,**  
**E.N. Kolosov,**  
**I.I. Mikhalenko**

### **Electrochemical Oxidation of 4- and 2,4-chlorophenols on Anodes $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ , $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$**

Activity of the electrodes  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  and  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  in potentiodynamic and galvanostatic anodic oxidation of 4-chlorophenol (4HF) and 2,4-dichlorophenol (2,4DHF) in acidic and alkaline background solution has been studied in the work. It was found that the formal kinetic order of transformation for 4HF ( $n = 1$ ) and 2,4DHF ( $n = 1/2$ ) is different — the first in 4HF and less than first in 2,4 DHF. Fractional order  $n = 1/2$  was explained by adsorption and participation in the reaction of dimers. The constants of rate of oxidation on metal oxide anodes is greater than on the anode Pt/Ti. The electrolysis of 2,4 DHF in acidic medium monitored by UV spectra occurs for the first 4 hours on the pseudo-zero order with the same speed for  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  and  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$ . At the duration of 5–8 hours activity of  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  was twice as  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  activity. The analysis of electrocatalysts by XPS method showed that after electrolysis on the surface of  $\text{IrO}_2 / \text{Ti}$  and  $\text{SnO}_2 / \text{Ti}$  content of sulfur is 10 times lower in comparison with the Pt / Ti.

*Keywords:* chlorophenols; anodic oxidation; titanium foil; tin and iridium oxides; platinum.

## ЭКОЛОГИЯ

О.Н. Волкова

### Экополис как элемент биорегионального кластера

В статье рассматривается повседневная жизненная среда человека: социально-бытовая, трудовая, рекреационная, в которой нарушен принцип здоровьесбережения человека. В связи с усугублением экологического кризиса, возникновением напряженной социально-эколого-экономической ситуации в стране предложена и раскрыта концепция планирования, проектирования и создания экополиса, который на сегодняшний день является одной из оптимальных форм человеческих поселений.

*Ключевые слова:* экологический кризис; социально-бытовая среда; трудовая среда; рекреационная среда; экополис.

**Д**ля того чтобы жизнь человека была комфортной и безопасной, людям прежде всего нужно питаться экологически чистой пищей, пить чистую воду, дышать воздухом без токсических примесей и т. д. Без этого минимума человеческих потребностей невозможна полноценная жизнь. В настоящее время основной целью человечества становится не процесс обогащения и потребления небезопасных для здоровья человека продуктов питания, а создание благоприятной среды для жизни человека. Недаром индийская пословица гласит, что «деньгами питаться нельзя».

Окружающая природная среда должна соответствовать определенным критериям и показателям. В противном случае уровень жизни человека будет низким, а за его пределами и вовсе наступит коллапс и гибель человечества. Это действительно реальная угроза, если всерьез не заняться решением основных экологических проблем. А источником всех этих проблем, как известно, во многих случаях является сам человек.

В эпоху научно-технической революции, непрерывного потока информации, непрерывного обновления знаний перед человечеством как никогда остро встает вопрос о необходимости изменений взаимоотношений с окружающей природной средой.

В целях снижения давления на окружающую природную среду, «люди должны сменить антропоцентричное отношение к природе на экоцентричное и начать процесс рационального использования природных ресурсов. Необходимы также перемены и в системе нашего мировоззрения» [4: с. 3].

В жизненной среде человека (в социально-бытовой: городской и жилищной, трудовой, рекреационной) зачастую нарушен принцип здоровьесбережения,

в основе которого лежат благоприятные условия жизнедеятельности, позволяющие сохранять и укреплять здоровье, поддерживать оптимальное качество жизни.

В *социально-бытовой среде* человека особое внимание заслуживает городская среда и жилищная среда.

*Городская (урбанизированная) среда.* К элементам городской (урбанизированной) среды относятся:

1. *Природный ландшафт* (абиотическая природа — рельеф, климатические условия, почвенный покров, источники воды и биотическая природа — растительный, животный мир);

2. *Техносфера* (искусственные технические сооружения, производство и его продукция, архитектура города, транспортные средства и др.);

3. *Население.*

Данные элементы взаимосвязаны между собой, поэтому зачастую между ними возникают противоречия, что и приводит к усугублению экологического кризиса в стране. Противоречия заключаются в том, что, с одной стороны, город предоставляет человеку возможность улучшения своих интеллектуальных, профессиональных и творческих способностей за счет благоприятной экономической, жилищной, городской (урбанизированной) и культурной среды, но, с другой стороны, человек отдаляется от природной среды и попадает в негативно сказывающуюся на его здоровье и жизнь среду с вредными воздействиями: загрязненным атмосферным воздухом, водой, почвой, резкой сменой атмосферных явлений, повышенными различного рода излучениями; шумом, зависимостью от транспорта, трудностями в приобретении жилплощади или плохими материально-бытовыми условиями, вредными условиями труда; стрессовыми ситуациями с постоянным вынужденным общением со множеством незнакомых людей, чрезмерным уровнем урбанизации; низким качеством медицинской помощи или несвоевременностью ее оказания. Указанные факторы неблагоприятно отражаются на физическом и психическом здоровье человека [2; 6].

*Жилищная среда.* В настоящее время кроме своего основного назначения жилище (дом, квартира, комната) приобретает функцию «психологического убежища», что очень важно в условиях возрастающего темпа и напряженности жизни в больших городах. Уровень комфорта человека зависит от площади жилища, от количества комнат и их планировки, от освещенности, наличия необходимого объема чистого воздуха, системы водоснабжения и канализации. В жилище должны быть соответствующие условия для приготовления пищи, поддержания личной гигиены, спокойного отдыха. Создание в жилище определенной зоны комфорта — оптимального для организма сочетания температуры, влажности и скорости движения воздуха; наиболее благоприятного освещения и максимально возможной звукоизоляции от шумов извне; возможности поддерживать чистоту и соблюдать личную гигиену — является залогом здоровья человека.

Главными источниками загрязнения в жилище являются: газовая плита, при эксплуатации которой образуются углекислый газ, продукты неполного сгорания природного газа; компоненты клеящих материалов мебели, электроизоляционных материалов, лаковые покрытия полов, которые выделяют формальдегид и пылевидные частицы от лакового покрытия; изделия из полимерных материалов, пленочных материалов, которые выделяют пластификаторы и пылевидные частицы. Опасны для здоровья человека также пленки лакокрасочных покрытий стен, потолков, шпаклевочных составов, герметиков; мелкие частицы пыли от моющих и чистящих средств, которые выделяют поверхностно-активные вещества; средства бытовой химии, хранящиеся в жилом помещении, образующие в результате их использования газообразные продукты и пылевидные частицы; табачный дым, от которого образуются токсичные газообразные продукты; ковровые дорожки и шторы из синтетических и искусственных волокон, которые образуют пылевидные частицы; экотоксиканты внешнего (наружного) воздушного бассейна, которые попадают в жилище в виде газообразных продуктов и пылевидных частиц [2; 6].

**Трудовая (производственная) среда.** Работа занимает у человека более 1/3 продолжительности его жизни. Работа и труд являются необходимыми условиями существования современного человека, представляя собой основные средства добывания жизненных благ, необходимых для поддержания жизни. К элементам трудовой (производственной) среды относятся:

1. *Санитарно-гигиенические условия труда:* микроклимат (температура, влажность, поток чистого воздуха, наличие паров, газов, аэрозолей), давление, разного рода производственные излучения, освещение, шум, вибрация, ядовитые вещества, инфекции.

2. *Психофизиологические условия труда:* тяжелые физические нагрузки, стрессовые ситуации, монотонность труда, темп и ритм работы, вынужденная поза, при выполнении тех или иных технологических операций.

3. *Эстетические условия труда:* архитектура здания, дизайн помещения, оснащение рабочего места, наличие современного оборудования, спецодежды и спецобуви.

4. *Социально-психологические условия труда.* На настроение, стиль поведения, манеру общения и трудоспособность человека влияет его окружение, складывающиеся межличностные отношения в коллективе. В каждом коллективе создается определенный психологический микроклимат. В некоторых случаях работники дорожат межличностными отношениями в большей степени, чем содержанием труда, а в некоторых случаях неблагоприятный психологический климат вынуждает их увольняться, отстраняться от интересной для них работы. Поддержание благоприятного психологического климата, корпоративной культуры в коллективе является важнейшим условием работоспособности и продуктивности работника [2; 6].

*Рекреационная среда* является не менее важной составляющей человеческой жизни, поскольку направлена на оздоровление человека, поддержание и восстановление его самочувствия, настроения, работоспособности в результате осуществления трудовой деятельности. В процессе напряженной работы у человека появляется усталость. Ее нельзя избежать, но можно уменьшить в результате правильной организации трудовой деятельности (тайм-менеджмент), пассивного или активного отдыха. «Следует помнить, что усталость может вызывать расстройство многих физиологических функций (снижается эффективность газообмена в легких, затрудняется кровоснабжение основных систем органов, ослабляется иммунитет и др.), а также способствовать развитию болезней» [6: с. 65].

На сегодняшний день одной из оптимальных форм человеческих поселений считается экополис. Под термином «экополис» обычно понимают городское поселение (город, поселок), при планировании, проектировании и строительстве которого учитывается комплекс экологических потребностей людей, включая создание благоприятных условий для существования многих видов растений и животных в его пределах. Экополис — это главным образом малоэтажный город с обширными включениями природных ландшафтов. Экополис включает в природный цикл человека и весь промышленный потенциал современной цивилизации без нарушения природных циклов. Основная идея в концепции экополиса — озеленение.

*Идеология экополиса* сводится к тому, что жизненная среда человека может быть системно улучшена с помощью современных технологий, переработки вторичных отходов, генерирования экологически чистой энергии, возможности самостоятельного обеспечения питанием и чистым экологическим транспортом. Должна реализовываться идея гармоничного сосуществования человека и природы, экологического просвещения населения, формирования его экологического сознания и экологической культуры.

#### ***Принципы создания экополиса:***

1. Использование технологий замкнутых циклов в целях исключения излишнего выделения тепла, загрязнения воздуха и воды, присутствие небольших объемов отходов в городском поселении в результате применения различных методов переработки отходов (материалы, вещества, полученные в результате одного рода деятельности, используются как сырье в других видах деятельности), наличие в регионе специализированного завода по переработке отходов.

2. Автономность и самодостаточность, которые обеспечиваются наличием необходимых возобновляемых природных ресурсов в городском поселении (чистый воздух, плодородная почва, пресная вода, растительный и животный мир), альтернативных источников получения энергии (солнечные, ветровые генераторы) и набором технологий, позволяющим эти природные ресурсы использовать и производить продукцию (в частности, сельскохозяйственную) в количестве и качестве, достаточном для поддержания стационарного (устойчивого) уровня жизни населения.

3. Устойчивость развития, которая обеспечивается за счет современных, безотходных технологий на производстве, экологической культуры руководителя и работников производства, развития альтернативных источников получения энергии, вторичной переработки отходов, экологического образования и просвещения населения и т. д.

4. Эффективность производства, достигаемая за счет интеграции технологических циклов.

5. Сохранение и восстановление окружающей природной среды путем создания сбалансированной, здоровой, способствующей всестороннему творческому развитию человека среды эколополиса, возможно, за счет использования органических, неагрессивных форм в архитектуре зданий, применения экологически эффективных, по возможности, натуральных или экоспециализированных материалов, как в основных строительных конструкциях, так и в отделке зданий и оборудования эколополиса. Снаружи возможно применение таких, несомненно, психологически позитивных, гармоничных материалов, как дерево, натуральный камень, почва, озелененные поверхности и элементы ландшафта (вода, деревья, кустарник и т. д.).

По мнению эколога Н.Ф. Реймерса, эколополис должен отвечать требованиям единства и гармонии городских архитектурных сооружений, домов, улиц и озелененных площадей, создающих хотя бы иллюзию вхождения природы в город; необходимости озеленения территории, по возможности, создание ландшафтного дизайна у частных домов, на балконах многоквартирных домов, создание газонов на крышах жилых и нежилых зданий [5].

При планировании, проектировании и строительстве эколополиса необходимо придерживаться следующих критериев (требований):

1. *Пешеходная доступность.* Большинство объектов должно находиться в пределах 10-минутной ходьбы от дома и работы. Улицы должны быть удобны для пешеходов, здания должны быть расположенными близко к улице; вдоль улицы должны быть высажены деревья и кустарники, разбиты цветники; парковки должны быть скрыты; улицы могут быть узкими и низкоскоростными [3].

2. *Соединенность.* Сеть взаимосвязанных улиц должна обеспечивать перераспределение и возможное уменьшение количества общественного транспорта, облегчать жителям эколополиса передвижение пешком. Высокое качество пешеходной сети и общественных пространств сможет сделать прогулки привлекательными [3].

3. *Разнообразная застройка.* Архитектура торговых центров, офисов, многоквартирных домов, частного сектора, коттеджных комплексов должна быть в гармонии с природой, эстетичной. Должно присутствовать многообразие типов и размеров домов, расположенных рядом друг с другом [3].

4. *Качество архитектуры и городского планирования.* При проектировании эколополиса архитектором и дизайнером должен быть сделан акцент на естественную красоту территории, на которой будет расположено городское

поселение, использование натуральных природных оттенков и цветовой гаммы, должна ощущаться эстетика и комфортность городской среды, должно присутствовать «чувство места» того или иного архитектурного объекта; размещение мест общественного использования должно располагаться в пределах одной территории экополиса [3].

5. *Условие соседства.* Здания, жилые дома, магазины и учреждения обслуживания должны располагаться ближе друг к другу для облегчения пешеходной доступности, более эффективного использования ресурсов, услуг и создания более удобной и приятной для жизни среды. Данный принцип заключается в отказе от выраженного городского центра и спальных районов [3].

6. *Зелёный транспорт.* Должна быть построена дорожная сеть для экологически чистого (электромобили, велосипеды, др.) транспорта. Должен быть использован дружелюбный к пешеходам дизайн, предусматривающий широкое использование велосипедов, роликовых коньков, самокатов и способствующий ежедневным пешим прогулкам [3].

7. *Устойчивые экологические приоритеты.* Застройка должна оказывать минимальное негативное воздействие на окружающую среду благодаря использованию экологически чистых технологий, энергоэффективных проектов, уменьшения использования невозобновляемых источников энергии, уважения к окружающей природной среде и осознания ценности природных систем. Жителям экополиса должна быть предоставлена возможность больше ходить и меньше ездить [3].

8. *Качество жизни.* Соединенные вместе эти принципы обеспечивают высокое качество жизни и позволяют создавать благоприятные условия для физического и творческого развития человека [3].

Полагаю, что в России вполне возможно создание собственной конструктивной программы разработки проектов экопоселений и их реализации. В настоящее время в России концепции экополиса в наибольшей степени отвечают академгородки, например, в пригородах Новосибирска и Томска.

Таким образом, экополис представляет собой элемент биорегионального кластера с созданной «малоотходной» или «безотходной» системой расселения, совершенно логично построенными транспортными коммуникациями (сочетание общественного транспорта с велосипедными дорожками и тротуарами), интегрированными водными путями и сельскохозяйственными угодьями, мощной архитектурой зеленых насаждений, с воссозданием особо ценных и живописных природных ландшафтов и памятников культуры. Формирование нового типа личности с экологической мировоззренческой установкой, развитой экологической культурой — это тоже задача, которую надо решить при создании экополисов.

### *Литература*

1. Бойден С., Миллар С., О Нил Б. Экология городов и его люди: Гонконг. Канберра: Australian National University Press, 1981. 240 с.

2. *Глазычев В.Л.* Урбанистика. М.: Европа, 2008. 220 с.
3. *Кован С., Син ван дер Рин.* Экологический дизайн. Вашингтон: Island Press, 1996. 296 с.
4. *Колупаева О.Н.* Формирование экологической культуры у будущих менеджеров в вузе: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Нижний Новгород: НГПУ, 2011. 190 с.
5. *Реймерс Н.Ф.* Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: «Россия молодая», 1994. 366 с.
6. *Ситаров В.А., Пустовойтов В.В.* Социальная экология: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2000. 280 с.

### *Literatura*

1. *Bojden S., Millar S., O Nil B.* E'kologiya gorodov i ego lyudi: Gonkong. Canberra: Australian National University Press, 1981. 240 s.
2. *Glazy'chev V.L.* Urbanistika. M.: Evropa, 2008. 220 s.
3. *Kovan S., Sin van der Rin.* E'kologicheskij dizajn. Vashington: Island Press, 1996. 296 s.
4. *Kolupaeva O.N.* Formirovanie e'kologicheskoy kul'tury' u budushhix menedzherov v vuze: dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.08. Nizhnij Novgorod: NGPU, 2011. 190 s.
5. *Rejmers N.F.* E'kologiya. Teorii, zakony', pravila, principy' i gipotezy'. M.: «Ros-siya molodaya», 1994. 366 s.
6. *Sitarov V.A., Pustovojtov V.V.* Social'naya e'kologiya: ucheb. posobie dlya stud. vy'ssh. ped. ucheb. zavedenij. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2000. 280 s.

***O.N. Volkova***

### **Ecopolis as an Element of Bioregional Cluster**

The article considers the everyday life environment of man: social and everyday life, labour, recreational, in which the principle of health protection of the person is violated. In connection with the worsening of ecological crisis, the emergence of a tense socio-ecological and economic situation in the country, the author presents and reveals the concept of planning, designing and establishment of ecopolis, which today is one of the optimal forms of human settlements.

*Keywords:* ecological crisis; social environment; employment environment; recreational environment; Ecopolis.

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

О.В. Шульгина,  
Д.П. Шульгина

### Историко-географическое моделирование образа региона на примере Северо-Запада России

Представлены теоретические и методологические аспекты моделирования образа региона. Предложена обобщенная историко-географическая модель. Метод историко-географического моделирования проиллюстрирован на примере Северо-Запада России.

*Ключевые слова:* образ региона; историко-географическое моделирование; культурно-ландшафтное и экономическое районирование; бренды региона.

**О**бширная территория России обладает ярко выраженным региональным своеобразием, отражающим как пространственные, так и временные различия в проявлении практически всех аспектов жизни ее регионов. Каждый регион нашей страны имеет неповторимый образ, сформировавшийся веками и обусловленный историческими, природными, социально-экономическими факторами, характеризующийся своими историко-культурными достопримечательностями, самобытными традициями.

Образ территории — понятие очень ёмкое и многоаспектное, включающее самые яркие характеристики, подчеркивающие её уникальность. В различных сферах человеческого мышления — в науке, культуре, искусстве, литературе, средствах массовой информации, бытовом сознании — этот образ по-разному формируется и может быть выражен разными средствами. Представители разных наук трактуют это понятие в свойственных для них аспектах, выделяя в неповторимом образе страны или региона те черты, изучение которых и составляет предмет этих наук.

Общепринятых концептуальных и методологических подходов к характеристике образа страны или региона не разработано. Это сложная, многоплановая задача, решению которой во многом препятствует значительная доля субъективизма в видении любого образа, в том числе и территориального.

Отвлекаясь от образов территорий, формируемых в обыденном представлении, отметим, что научный подход к исследованию образа стран и регионов отличается более строгой определенностью, большей объективностью, адекватностью, структурированностью. В рамках этих представлений образ территории может быть определен как система наиболее ярких и масштабных пространственных характеристик, описывающих уникальные особенности региона.

Совершенно очевидно, что в рамках одной дисциплины целостного образа территории создать невозможно. Даже такая синтетическая дисциплина, как география, объединяющая естественнонаучные и социально-гуманитарные знания, давно и традиционно имеющая дело с пространственными образами, воссоздающими зримый облик стран и отдельных регионов, который характеризуется множеством параметров «от геологии до идеологии», не может претендовать на исчерпывающую полноту региональных образов.

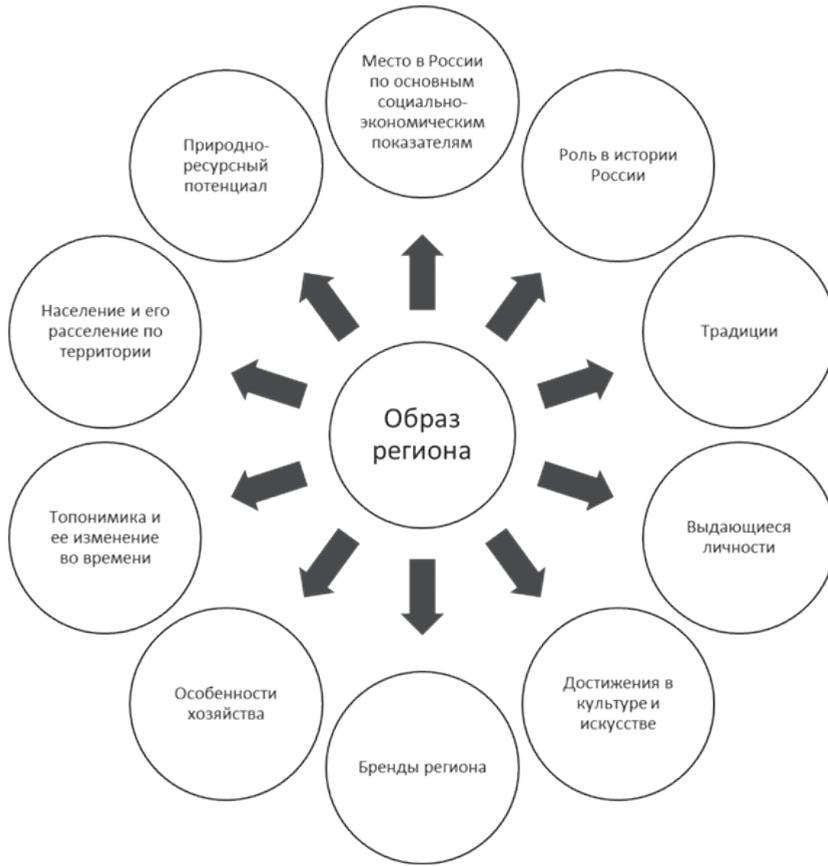
Образ региона — понятие не статичное, а развивающееся во времени, то есть имеющее исторические корни и историческую обусловленность. Значит, без глубокого понимания исторических закономерностей развития регионов сформировать его невозможно. Отсюда важность привлечения к исследованию региональных образов истории, историко-географических методов [5; 7; 10].

Целостное представление об образах регионов невозможно без учёта особенностей состояния историко-культурного и природного наследия, развития культуры того или иного региона, его исторических традиций и культурной самобытности [11]. Культурное наследие и культурные традиции во многом связаны со спецификой исторического хозяйственного развития, они определили особенности формирования системы городских и сельских поселений, специализацию регионов в некоторых видах производств. В нашей многонациональной стране чрезвычайно важен учет национальных культурных традиций при характеристике культурного развития различных регионов. В настоящее время культурное наследие приобретает также важное экономическое и социальное значение в связи с развитием туризма.

Отсюда следует, что в процессе изучения региональных образов необходима интеграция наук и прежде всего истории и географии как комплексных и традиционно связанных между собой научных направлений, являющихся своего рода ядрами концентрации всех остальных наук и сфер деятельности: политики, экономики, культуры, демографии, социологии, туризма, рекламы, экологии и др.

В связи с этим предлагается метод историко-географического моделирования образов региона. Обобщенная историко-географическая модель формирования образа региона как сложного, целостного, многоаспектного феномена представлена на рисунке 1.

Пространственные образы можно исследовать на различных территориальных уровнях: страна в целом, регион, отдельный населенный пункт. Понятие «регион» в представлении ряда авторов трактуется по-разному. Мы будем придерживаться наиболее распространенной точки зрения, выраженной, в частности, в официальных правительственных документах: «Под регионом понимается



**Рис. 1.** Обобщенная историко-географическая модель образа региона

часть территории Российской Федерации, обладающая общностью природных, социально-экономических, национально-культурных и иных условий. Регион может совпадать с границами территории субъекта Российской Федерации либо объединять территории нескольких субъектов Российской Федерации» [1].

Для изучения пространственной интерпретации образа страны и регионов наиболее эффективен картографический метод исследования [2; 6], позволяющий не просто визуализировать, но и со всей наглядностью представить главные параметры образа страны. Карта здесь не просто иллюстрация. Это очень информативный, своеобразный текст, написанный на особом «картографическом языке» — абстрактном, красочном и доступном для понимания как в нашей стране, так и за рубежом.

Значительную роль в формировании образа стран и регионов играют Национальные атласы. Это полный свод знаний о природе, населении, хозяйстве, экологии, истории и культуре страны, выраженный в картографической форме и содержащий текстовые пояснения. 2009 год вошел в историю российской науки, культуры и картографической деятельности как завершающий год создания первого Национального атласа России [3; 9].

Эффективными методами создания образа страны и регионов являются страноведческий и регионоведческий подходы. Основаны они на императиве взаимосвязанного рассмотрения географических, экономических, демографических, социологических, этнических и других процессов в странах и регионах в контексте общемировых тенденций развития и глобальных мировых проблем.

В последнее время значительную популярность приобрел ландшафтный подход к региональным исследованиям, основанный на интегрированном рассмотрении природных и общественных явлений. Особую роль в исследовании образа территорий имеет понятие «культурный ландшафт». Под ним понимается «природно-культурный территориальный комплекс, сформировавшийся в результате эволюционного взаимодействия природы и человека, его социокультурной и хозяйственной деятельности и состоящий из характерных сочетаний природных и культурных компонентов, находящихся в устойчивой взаимосвязи и взаимообусловленности» [4: с. 16]. То есть культурный ландшафт — это сочетание всех природных и культурных компонентов, связанных между собой и влияющих друг на друга, характерных для той или иной выделенной территории.

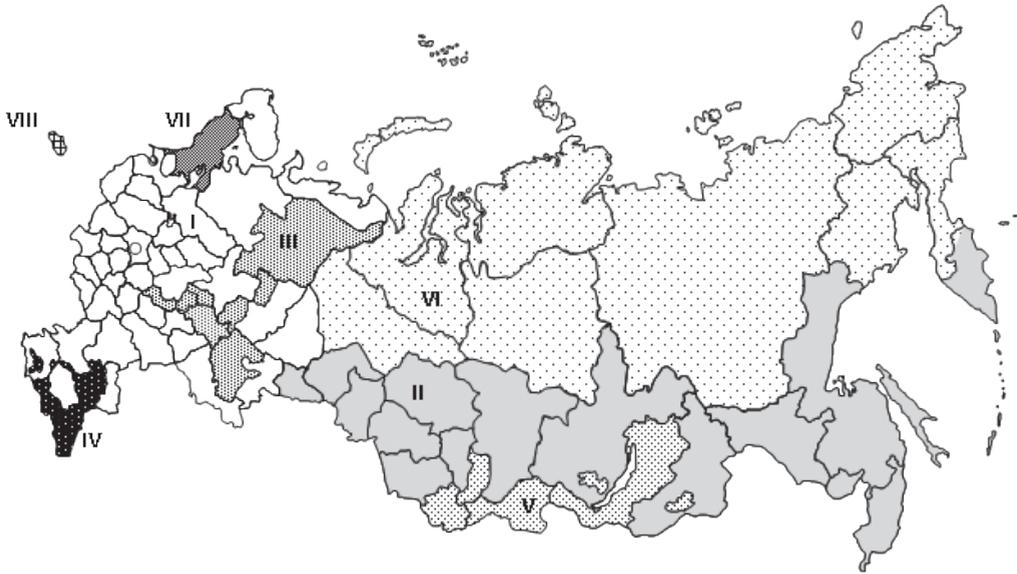
Такой подход позволил доктору географических наук Ю.А. Веденину выделить на территории современной России культурно-ландшафтные области, которые представлены и описаны в четвертом томе Национального атласа России [3: т. 4, с. 226–227]. Данное культурно-ландшафтное районирование (см. рис. 2) основано на учете следующих характеристик:

- этноконфессионального разнообразия России;
- истории формирования хозяйственно-расселенческой структуры страны;
- природных условий;
- историко-культурных особенностей;
- характера распределения культурного наследия.

На территории России, согласно указанному исследованию, отчетливо выделяется 8 культурно-ландшафтных областей и 38 культурно-ландшафтных районов. Наиболее крупные культурно-ландшафтные области России — Русская Европа (I) и Русская Азия (II). Общим для них является то, что русские составляют здесь не только доминирующую часть населения, но и являются народом, образующим крупные ареалы компактного традиционного проживания.

Для других культурно-ландшафтных областей характерны ареалы компактного расселения нерусских, коренных для данных мест, народов. Среди них выделяются многонациональные Поволжско-Уральская и Северо-Кавказская области, а также области Евразии и Южная Сибирь.

В географии, регионоведении и региональной истории традиционно используются сложившейся в середине XX века сеткой экономического районирования: понятие «регион» при этом ассоциируется с понятием «экономический район». Как известно, экономических районов в России 11. Калининградская область, до распада СССР входившая в Прибалтийский экономический район, ныне причисляется к Северо-Западному экономическому району России или Северо-Западному ее региону. Мы не приводим здесь схему экономическо-



**Культурно-ландшафтные области:**

- I — Русская Европа
- II — Русская Азия
- ▨ III — Многонациональная Поволжско-Уральская область
- IV — Многонациональная Северо-Кавказская область
- ▨ V — Многонациональная Южная Сибирь
- ▨ VI — Многонациональная Северная Евразия
- VII — Восточная часть финско-карельских земель
- ▨ VIII — Русская Восточная Пруссия

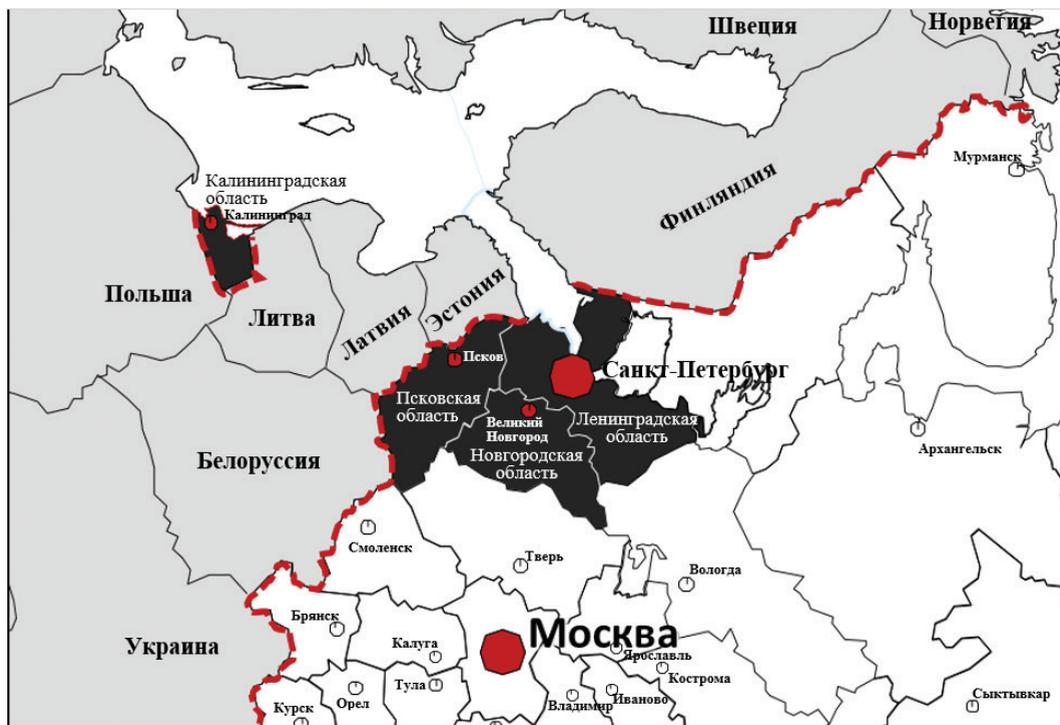
**Рис. 2.** Культурно-ландшафтное районирование территории России  
(компьютерная версия О.В.Шульгиной карты  
из Национального атласа России. Т. 4: История. Культура. С. 226–227)

го районирования, считая ее довольно известной и учитывая ограниченность страниц данной статьи.

Для историко-географического моделирования образов российских регионов оптимальным является сочетание экономического и культурно-ландшафтного районирования, как дополняющих друг друга и позволяющих детальнее раскрыть уникальность каждого региона, а также подчеркнуть внутрирегиональные различия, отметив вклад отдельных территорий в формирование целостного образа региона.

В качестве примера выбран Северо-Западный регион России, границы которого совпадают с Северо-Западным экономическим районом (рис. 3). В соответствии с культурно-ландшафтным районированием (рис. 2) этот регион входит в культурно-ландшафтные области «Русская Европа» и «Русская Восточная Пруссия».

В состав Северо-Западного региона входят пять субъектов Российской Федерации: Калининградская, Ленинградская, Новгородская, Псковская области и город



**Рис. 3.** Географическое положение, состав и границы Северо-Западного региона России

Санкт-Петербург. Уже само географическое и геополитическое положение данного региона предопределило уникальные особенности его образа.

Главной особенностью геополитического положения Северо-Западного региона является его приграничное положение и соседство с шестью государствами: Финляндией, Эстонией, Латвией, Литвой, Беларуссией, Польшей, которые в определенные периоды истории нашей страны входили в состав Российской империи, некоторые (Эстония, Латвия, Литва, Беларуссия) — в состав СССР. В настоящее время большинство из них являются членами различных межгосударственных союзов и блоков, куда Россия не входит. Все страны, граничащие с Северо-Западным регионом России, за исключением Беларуссии, являются членами Европейского Союза (ЕС); за исключением Беларуссии и Финляндии — членами НАТО. Беларуссия имеет союзный договор с Россией, вместе с Россией входит в состав Содружества Независимых Государств (СНГ) и в Евразийский экономический союз (ЕАЭС).

Регион имеет важное стратегическое значение, имея выход к Балтийскому морю и являясь транзитным коридором между внутригосударственными территориями и европейскими странами. Соседство с прибалтийскими государствами, представлявшими большую часть XX века единое экономическое пространство с Россией, а также с Финляндией и Польшей имеет важное экономическое значение. Взаимовыгодные экономические контакты с соседними странами, даже

несмотря на экономические санкции по отношению к России после 2014 г., не были прерваны. Морские порты на российском побережье Балтики: Санкт-Петербург, Калининград, Приморск, Выборг, Балтийск, Усть-Луга — поистине являются западными воротами России.

Северо-Западный регион сыграл важную роль в истории становления российской государственности. Великий Новгород и Псков — древнейшие города России, с которыми связаны упоминания о Древней Руси, начале формирования российского государства, ключевых событиях в истории и культуре нашей страны. Санкт-Петербург, заложенный в начале XVIII в. как символ обновления России, крупнейший порт на Балтийском побережье — «окно в Европу», являвшийся в течение почти 200 лет столицей Российской империи, до настоящего времени не утратил своего ключевого значения во многих сферах жизни страны, и особенно в культуре и искусстве, образовании, экономике, туризме. Калининградская область во главе с Калининградом, бывшим Кёнигсбергом, присоединенная к России в 1946 году, — регион, выделяющийся природным, экономическим, культурным своеобразием в масштабе страны. Это полуэксклав, отделенный от основной части территории России территорией другого государства — Литвы, граничащий также с Польшей и имеющий выход к Балтийскому морю.

Северо-Западный регион, один из самых небольших по территории в России, занимающий всего 1,2 % площади страны, его население составляет 6,3 % численности населения России. Более существенен вклад региона в развитие хозяйства — его доля в ВВП России, по данным Госкомстата РФ за 2015 г., составляла 7 %, а в развитие науки, культуры и образования — еще более существенна. Северо-Западный регион сконцентрировал в себе 9,6 % научно-исследовательских организаций, 9,1 % вузов (табл. 1). По числу объектов культурного наследия, их мировой значимости и привлекательности для российских и зарубежных туристов регион не имеет равных в России.

Уникальность данного региона состоит и в значительной неравномерности развития: в высокой концентрации всех сфер жизни и деятельности в Санкт-Петербурге и его ближайшем окружении. Санкт-Петербург — второй по численности мегаполис России — сосредоточил в себе более половины населения Северо-Западного региона (56,4 %). Еще более значительна здесь концентрация производства и валового регионального продукта (66 %). Особенно доминирует Санкт-Петербург в науке, сосредоточив подавляющее большинство научно-исследовательских организаций (86,5 %) и образовании — здесь сосредоточено 89,5 % вузов (см. табл. 1, 2, рис. 4). Объекты культурного наследия и музеи Санкт-Петербурга имеют мировое значение, а Эрмитаж уже много лет является наиболее посещаемым музеем России.

Не претендуя в рамках небольшой публикации на исчерпывающую полноту интерпретации образа рассматриваемого региона, кратко представим в рамках предложенной историко-географической модели его основные характеристики (рис. 5).

Таблица 1

## Место в России Северо-Западного региона и его административных единиц

(по данным Госкомстата РФ [13])

	Площадь территории, тыс. кв. км	Численность населения на 01.01.2015, тыс. чел.	Валовой региональный продукт, млн руб.	Число научно-исследовательских организаций, ед.	Число посещений музеев на 1000 чел.	Место в России по числу посещений музеев	Число вузов в 2014/2015 гг.
<b>Россия в целом</b>	<b>17125,2</b>	<b>146267,3</b>	<b>54013599,2</b>	<b>3604</b>	<b>703</b>		<b>950</b>
<b>В том числе, Северо-Западный регион</b>	<b>210,3</b>	<b>9206</b>	<b>3758886,9</b>	<b>347</b>			<b>86</b>
<b>Доля региона в России, %</b>	<b>1,2</b>	<b>6,3</b>	<b>7</b>	<b>9,6</b>			<b>9,1</b>
город Санкт-Петербург	1,4	5191,7	2496549,1	300	4495	1	77
Ленинградская обл.	83,9	1775,5	692798,6	14	729	17	1
Калининградская обл.	15,1	969	277362,6	12	1122	9	4
Новгородская обл.	54,5	618,7	177930,1	11	1743	3	1
Псковская обл.	55,4	651,1	114246,5	10	1472	6	3

Таблица 2

## Вклад административных единиц в развитии Северо-Западного региона

(по данным Госкомстата РФ [13])

	Площадь территории, %	Численность населения на %	Валовой региональный продукт, %	Число научных организаций, %	Число вузов в 2014/2015 гг., %
<b>Всего по Северо-Западному региону</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
город Санкт-Петербург	0,7	56,4	66,6	86,5	89,5
Ленинградская обл.	39,9	19,3	18,4	4	1,2
Калининградская обл.	7,2	10,5	7,3	3,4	4,6
Новгородская обл.	25,9	6,7	4,7	3,2	1,2
Псковская обл.	26,3	7,1	3	2,9	3,5

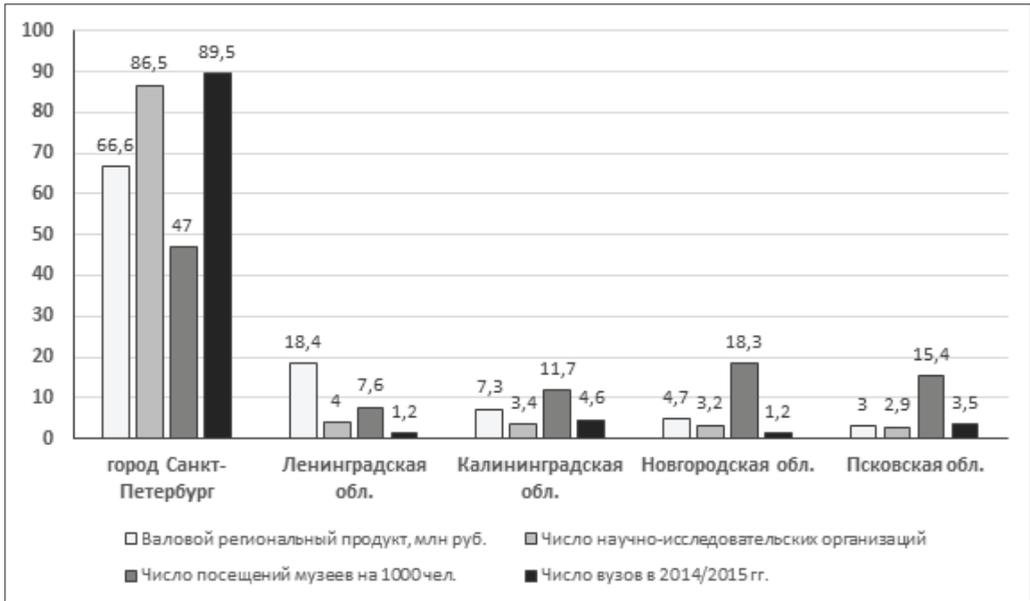


Рис. 4. Соотношение основных показателей развития административных единиц Северо-Западного региона России (по данным Госкомстата РФ [13])

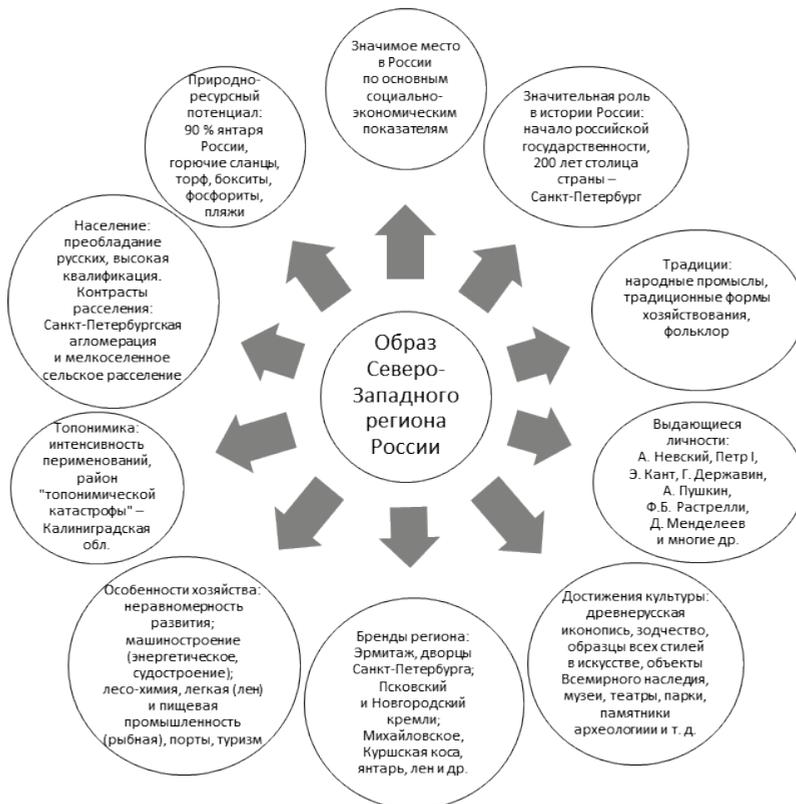


Рис. 4. Главные характеристики образа Северо-Западного региона России

Более детальному исследованию образа Северо-Западного региона России должна быть посвящена отдельная большая работа, раскрывающая историко-географическую обусловленность этого образа, показывающая его уникальность и значительный вклад в развитие представлений о России.

### *Литература*

1. Указ Президента РФ от 3 июня 1996 г. № 803. «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации» // Сборник законодательства РФ. 1996. № 23. Ст. 2756. [www.komfed.ru/.../Ukaz-prezidenta-03-06-1996-N-803](http://www.komfed.ru/.../Ukaz-prezidenta-03-06-1996-N-803) (дата обращения 15.07.2016).
2. Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986. 240 с.
3. Национальный атлас России. Т. 1: Общая характеристика территории (2005). Т. 2: Природа. Экология (2007). Т. 3: Население. Экономика (2008). Т. 4: История. Культура (2008).
4. Культурный ландшафт как объект наследия / под. ред. Ю.А. Веденина. М.: Институт Наследия; СПб.: Изд-во «Дмитрий Буланин», 2004. 620 с.
5. Шульгина О.В. Изменение образа России в XX веке // Живописная Россия. 2004. № 6. С. 4–12.
6. Шульгина О.В. Картографическое исследование пространственного образа России // Геодезия и картография. 2004. № 11. С. 20–27.
7. Шульгина О.В. Историко-географическая интерпретация пространственного образа России // Современный образ России: перспективы развития: сб. мат-лов Всерос. конф. (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 31 января 2008 г.) / под ред. А.В. Очировой. М.: МГУ, 2008. С. 66–78.
8. Шульгина О.В. Формирование пространственного образа региона в контексте административно-территориальных преобразований страны (на примере Владимирской области) // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2009. № 1 (3). С. 11–20.
9. Шульгина О.В. Национальный атлас России — визитная карточка страны // Россия и современный мир. 2009. № 3. С. 248–254.
10. Шульгина О.В. Образ России как объект историко-географического исследования // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2008. № 1. С. 23–31.
11. Шульгина Д.П. Архитектура российской провинции как основа самобытности образа России // Современный образ России: перспективы развития: сб. мат-лов Всерос. конф. (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 31 января 2008 г.) / под ред. А.В. Очировой. М.: МГУ, 2008. С. 238–247.
12. Шульгина Д.П. Образ России в почтовой открытке начала XX в. как источник по истории архитектуры // Исторический архив. 2008. № 4. С. 147–156.
13. Регионы России // Социально-экономические показатели. 2015: стат. сб. М.: Росстат, 2015. 1266 с. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/region/reg-pok15.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/region/reg-pok15.pdf) (дата обращения: 10.08.2016).

### *Literatura*

1. Ukaz Prezidenta RF ot 3 iyunya 1996 g. № 803. «Ob osnovny'x polozheniyax regional'noj politiki v Rossijskoj Federacii» // Sbornik zakonodatel'stva RF. 1996. № 23. St. 2756. [www.komfed.ru/.../Ukaz-prezidenta-03-06-1996-N-803](http://www.komfed.ru/.../Ukaz-prezidenta-03-06-1996-N-803) (data obrashheniya 15.07.2016).

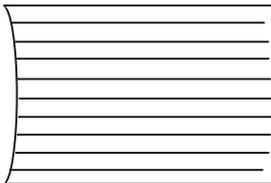
2. *Berlyant A.M.* Obraz prostranstva: karta i informaciya. M.: My'sl', 1986. 240 s.
3. Nacional'ny'j atlas Rossii. T. 1: Obshhaya xarakteristika territorii (2005). T. 2: Priroda. E'kologiya (2007). T. 3: Naselenie. E'konomika (2008). T. 4: Istoriya. Kul'tura (2008).
4. Kul'turny'j landshaft kak ob''ekt naslediya / pod. red. Yu.A. Vedenina. M.: Institut Naslediya; SPb.: Izd-vo «Dmitrij Bulanin», 2004. 620 s.
5. *Shul'gina O.V.* Izmenenie obraza Rossii v XX veke // Zhivopisnaya Rossiya. 2004. № 6. S. 4–12.
6. *Shul'gina O.V.* Kartograficheskoe issledovanie prostranstvennogo obraza Rossii // Geodeziya i kartografiya. 2004. № 11. S. 20–27.
7. *Shul'gina O.V.* Istoriko-geograficheskaya interpretaciya prostranstvennogo obraza Rossii // Sovremenny'j obraz Rossii: perspektivy' razvitiya: sb. mat-lov Vseros. konf. (Moskva, MGU im. M.V. Lomonosova, 31 yanvarya 2008 g.) / pod red. A.V. Ochirovoj. M.: MGU, 2008. S. 66–78.
8. *Shul'gina O.V.* Formirovanie prostranstvennogo obraza regiona v kontekste administrativno-territorial'nyx preobrazovanij strany' (na primere Vladimirskoj oblasti) // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2009. № 1 (3). S. 11–20.
9. *Shul'gina O.V.* Nacional'ny'j atlas Rossii — vizitnaya kartochka strany' // Rossiya i sovremenny'j mir. 2009. № 3. S. 248–254.
10. *Shul'gina O.V.* Obraz Rossii kak ob''ekt istoriko-geograficheskogo issledovaniya // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2008. № 1. S. 23–31.
11. *Shul'gina D.P.* Arhitektura rossijskoj provincii kak osnova samoby'tnosti obraza Rossii // Sovremenny'j obraz Rossii: perspektivy' razvitiya: sb. mat-lov Vseros. konf. (Moskva, MGU im. M.V. Lomonosova, 31 yanvarya 2008 g.) / pod red. A.V. Ochirovoj. M.: MGU, 2008. S. 238–247.
12. *Shul'gina D.P.* Obraz Rossii v pochtovoj otkry'tke nachala XX v. kak istochnik po istorii arhitektury' // Istoricheskij arxiv. 2008. № 4. S. 147–156.
13. Regiony' Rossii // Social'no-e'konomicheskie pokazateli. 2015: stat. sb. M.: Rosstat, 2015. 1266 s. URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/region/reg-pok15.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/region/reg-pok15.pdf) (data obrashheniya: 10.08.2016).

*O.V. Shulgina,  
D.P. Shulgina*

### **Historical and Geographical Modeling of the Region's Image on an Example of the North-West of Russia**

The theoretical and methodological aspects of the modeling of the image of the region are presented. The generalized historical and geographical model is proposed. The method of historical and geographical modeling is illustrated by the example of the North-West of Russia.

*Keywords:* image of the region; historical and geographical modeling; cultural, landscape and economic zoning; region brands.



## ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Т.А. Воробьева,  
И.Л. Марголина**

### **Информационное обеспечение решения задач в области природопользования: образовательные и практические аспекты**

Рассматривается информационное обеспечение для решения задач в области природопользования. Приведены концептуальные подходы к организации информационных потоков, необходимых для поддержки принятия управленческих решений на основе геоинформационных систем (ГИС). Представлены примеры информационного наполнения ГИС. Значительное внимание уделяется вопросам высшего образования в области «Экология и природопользование», связанным с изучением ГИС-технологий. Приводятся основные задачи освоения ГИС-технологий и разделы учебных программ по этому направлению.

*Ключевые слова:* региональные (комплексные) и отраслевые ГИС; управление природопользованием, экологическая ситуация; информационные потоки; образовательные программы.

**Г**еоинформационные системы (ГИС) применяются для решения самых различных задач: при разработке комплексных территориальных схем по оптимизации природопользования; при планировании социально-экономического развития регионов и прогнозировании в связи с этим экологических последствий; в градостроении и муниципальном управлении; в ландшафтном планировании и проектировании; в разработке природоохранных проектов; для оперативного принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций; при оценке уровня загрязнения природных сред; в формировании экологического каркаса территории и др.

Информационное обеспечение, необходимое для решения задач в управлении природопользованием, создается на основе региональных геоинформационных систем (ГИС) на уровне административно-территориальных единиц, городов, особо охраняемых природных территорий, а также на уровне территорий, где ведутся разработки полезных ископаемых и др. Назначение

таких ГИС состоит в оптимизации системы управления, в создании информационного обеспечения, позволяющего более эффективно решать стратегические и оперативные задачи.

За рубежом геоинформационные технологии в области природопользования применяются с 60-х годов прошлого века. Особенно бурного развития ГИС достигли в 80-е годы в связи с созданием персональных компьютеров и появлением новых источников пространственных данных — материалов дистанционного зондирования (спутники *Landsat*, затем *Spot*). В России вопросы разработки и формирования ГИС освещаются с конца 70-х годов прошлого века, когда они начали применяться в таких областях хозяйственной деятельности, как геологические исследования, землеустройство и создание земельного кадастра, в лесной отрасли, т. е. там, где значительные по объему массивы информации нуждаются в пространственном анализе [5; 7]. Очень быстро ГИС-технологии нашли широкое применение в разных сферах территориальной деятельности. В настоящее время значительное распространение получили отраслевые и комплексные (региональные) ГИС, целевое назначение которых состоит в поддержке принятия решений в управлении природопользованием, в оценке и прогнозе состояния окружающей среды и социально-экономической сферы [11; 12].

В разработках ГИС наибольшее внимание отводилось технической стороне проблемы, что сильно продвинуло данное направление. Актуальным и востребованным остается вопрос о тематическом подборе информации для решения различных отраслевых задач на основе ГИС. Выбор необходимого и достаточного объема информации позволяет существенно сократить временные и финансовые затраты на проект. Необходимый состав информационного обеспечения в базе данных ГИС формируется на основе географической модели территории, отражающей ее историю, этносоциальные особенности, а также взаимосвязи структурных элементов природно-хозяйственного комплекса [3; 5]. В вопросе тематического наполнения ГИС можно выделить три основных аспекта: масштаб исследования; природно-хозяйственную специфику территории; существующие информационные потоки в управлении природопользованием. Первоочередным и главным этапом в создании ГИС является разработка структуры и содержания картографической информации в базе данных.

Масштаб территории является важным критерием в тематическом подборе пространственной и атрибутивной информации. В принятой классификации по уровню обобщения информации ГИС делятся на глобальные, региональные и локальные. Территории городов и административных районов являются первой ступенью в сборе информации и принятии решений на локальном (муниципальном уровне).

Использование ГИС-технологий для сбора и накопления информации о природно-хозяйственной специфике территории, характере и степени ее использования, особенностях антропогенного воздействия, состоянии окружающей среды, показателях здоровья населения позволяет получать новые количественные и качественные характеристики объектов и процессов, исследовать их связи

с помощью математико-статистического и картографического моделирования [1; 5]. Для внесения информации в базу данных ГИС необходимо ее предварительное структурирование по тематике и виду. Для эффективного управления природопользованием с помощью ГИС требуется постоянное обновление информации, ее анализ, синтез и визуализация с помощью геоинформационных программных пакетов (ArcGis, MapInfo, QGis и др.) для формирования выходной продукции в целях поддержки принятия оперативных и стратегических управленческих решений.

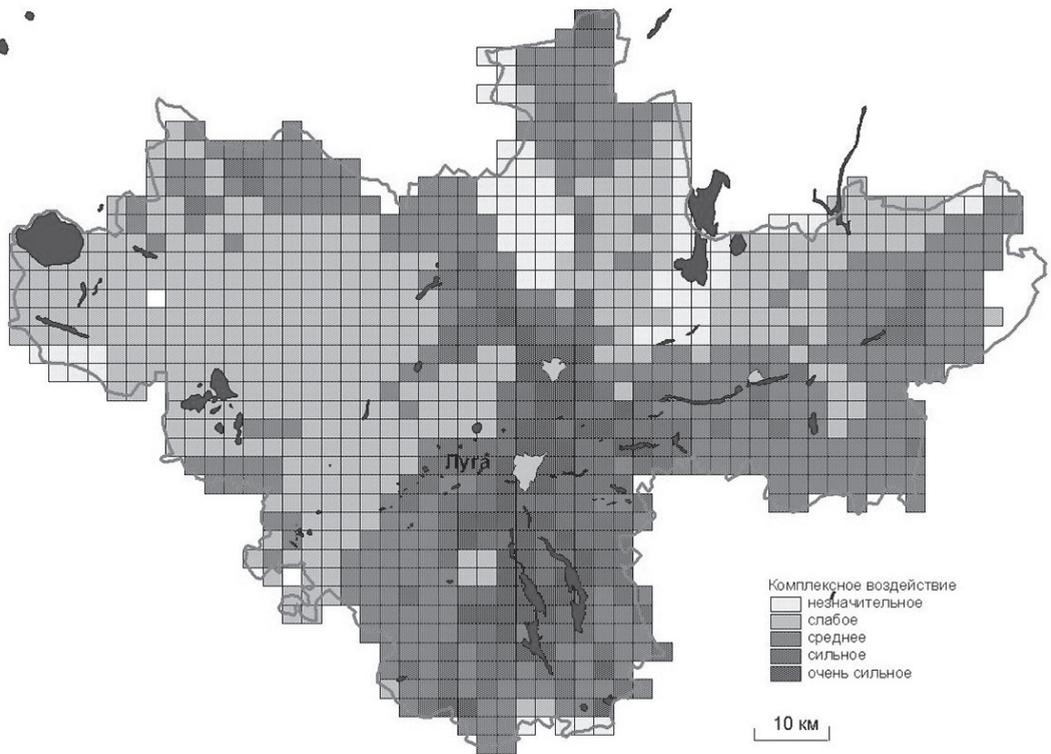
В качестве примеров, иллюстрирующих практическое использование ГИС, можно привести ряд работ, включающих формирование информационного обеспечения для решения задач в области природопользования и охраны природы на уровне города, административных муниципальных образований, особо охраняемых природных территорий, водосборных бассейнов и др. [1; 3; 6–8; 10]. Для геоэкологического обоснования рационализации природопользования на уровне административного района была разработана структура базы данных, базирующаяся на открытых материалах и данных ежегодных отчетов о состоянии окружающей среды (рис. 1).



Рис. 1. Структура базы данных для экологических ГИС административного района [6]

Для анализа пространственного распределения изучаемых объектов и процессов, а также пространственного и тематического согласования разнотипных и разномасштабных источников информации возможно использование методики построения регулярных сеток (методика GRID).

Разработанная структура базы данных апробирована в рамках исследований на территории Лужского района Ленинградской области [6]. На территорию административного района была наложена регулярная сетка в виде векторного слоя с ячейками площадью 5,6 км<sup>2</sup>. Наполнение атрибутивной таблицы к этому слою позволило провести оценку устойчивости геосистем к оказываемому антропогенному воздействию и разработать комплекс мероприятий по рационализации природопользования в районе (рис. 2).



**Рис. 2.** Комплексное воздействие на территории Лужского района [3]

Основными инструментами оценки экологического состояния городов служат ГИС, опирающиеся на данные экологического мониторинга, дистанционного зондирования и методы математического моделирования. Экологический контроль за состоянием параметров окружающей среды в городах не может быть эффективным без полноценного объема базовой и оперативной информации. В ходе работ на территории одного из административных округов города Москвы, городов Уфа, Вологда, Астана разработаны состав и содержание картографической базы данных экологической ГИС для проведения комплексного

анализа состояния территории города. Она включает атрибутивные данные и набор аналитических и синтетических электронных карт по четырем тематическим блокам:

- природные факторы, включающие характеристику рельефа, климатический и метеорологический потенциал загрязнения (ПЗА), степень устойчивости ландшафтов;
- факторы состояния окружающей среды (ОС): размещение основных стационарных источников воздействия, устройство улично-дорожной сети, состояние различных природных сред (загрязнение атмосферного воздуха), почвенного и растительного покрова, водных объектов), размещение ареалов загрязнения;
- функционально-планировочные и градостроительные факторы (размещение участков с различным функциональным назначением, особенности градостроительной планировки: плотность и этажность застройки, ширина улиц, степень озеленения и др.);
- медико-географические и социально-демографические факторы (санитарно-гигиенические условия, численность и плотность населения, заболеваемость).

Методологические принципы проведения оценки экологического состояния территории города базируются на нормировании уровня техногенного воздействия и состояния компонентов окружающей среды (ПДВ, ПДС, ПДК и др.). Комплексный анализ городской среды с применением ГИС осуществляется на основе интегральных оценок различных факторов (см. рис. 3). Для этого проводится оценка уровня загрязнения различных компонентов природной среды по выделенным участкам с последующим их ранжированием посредством балльной оценки с определением их значимости методом экспертных оценок (от 10 до 100), что позволяет интегрировать разнородные экологические параметры и представить их в виде единого индекса состояния городской среды, по значениям которого составляется итоговая карта экологической оценки территории города с выделением районов с различным уровнем экологической напряженности от благоприятной до критической.

ГИС являются инструментом для решения пространственных задач на региональном уровне. Так, например, использование ГИС-технологий позволяет решить комплексные задачи по воздействию радиационных объектов, распространению и накоплению загрязнения в окружающей среде [9]. Большое значение ГИС-технологии имеют для разработки и формирования сетей мониторинга окружающей среды на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Несмотря на очевидную необходимость и целесообразность создания и использования ГИС для принятия решений в области природопользования, процесс осложняется финансовыми и техническими трудностями, а также недостатком квалифицированных кадров. В связи с этим большое значение в высшем профессиональном образовании по направлению «Экология и природопользование» наряду с теоретическими курсами имеют дисциплины,



**Рис. 3.** Структура ГИС для комплексной эколого-градостроительной оценки территории города [4]

связанные с использованием ГИС-технологий. Многолетний опыт подготовки специалистов разного уровня (бакалавров, специалистов, магистров) на кафедре рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова показывает, с одной стороны, необходимость таких курсов, с другой — большой интерес студентов к возможностям, которые дают ГИС-технологии для научной и практической деятельности [2].

В рамках учебного процесса основной акцент в освоении ГИС-технологий ставится на аспекты, связанные с изучением и овладением принципами и механизмами создания, организации и функционирования ГИС, ориентированных на информационное обеспечение разномасштабных проектов в области природопользования. При разработке структуры базы данных особое внимание уделяется изучению и анализу необходимого и достаточного информационного обеспечения для разработки комплекса мероприятий по управлению природопользованием. В плане овладения практическими навыками геоинформационных исследований первоначальным этапом в изучении является освоение методов комплексного системного картографирования природопользования; создания и использования картографических баз данных и материалов дистанционного зондирования в проблемно-ориентированных ГИС. Опираясь на полученные теоретические и практические знания, переходят к этапу непосредственного изучения основ геоинформационного картографирования и компьютерной обработки материалов

дистанционного зондирования, получение практических навыков использования геоинформационных технологий в природопользовании и геоэкологии.

Таким образом, основной акцент в учебном процессе делается на информационное обеспечение в создании ГИС для решения поставленных практических задач в области природопользования и геоэкологии. Освоение ГИС-технологий требует знания фундаментальных разделов естественных и математических наук, информатики, основ картографии, аэрокосмических методов исследования и обработки дистанционной информации, создания баз данных, а также основ природопользования и экологии, экономики и управления природопользованием.

В учебных программах по изучению ГИС-технологий в природопользовании, таких как «Геоинформационные технологии в природопользовании» (для бакалавров), «Геоинформационные системы в управлении природопользованием» (для магистров), «Региональные ГИС в управлении природопользованием» (для специалистов) и др., можно выделить ряд основных разделов [2]:

- теоретико-методологические основы создания и организации ГИС, ориентированных на проблемы природопользования;
- принципы геоинформационного картографирования и его роль в решении проблем регионального природопользования;
- существующее информационное обеспечение системы принятия решений в области управления природопользованием;
- принципы создания комплексных и отраслевых ГИС;
- использование ГИС в организационной структуре управления;
- особенности технического и программного обеспечения ГИС;
- реализация ГИС в области природопользования и охраны окружающей среды.

Опыт преподавания (более 20 лет) дисциплин, связанных с ГИС-технологиями показал востребованность этого направления среди выпускников кафедры рационального природопользования, использующих полученные знания в своей практической работе. Поэтому среди формируемых у студентов навыков и компетенций важнейшей следует считать их способность самостоятельно формулировать и решать профессиональные задачи с применением геоинформационных технологий.

### *Литература*

1. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Поляков М.М. Муниципальные ГИС: информационное обеспечение экологического контроля / под ред. М.М. Полякова. Вологда: Вологодский научно-координационный центр РАН, 2006. 250 с.

2. Воробьева Т.А., Зенгина Т.Ю., Тульская Н.И. Программа учебной дисциплины «Геоинформационные технологии в природопользовании» // Программы дисциплин профессиональной подготовки по направлению «Экология и природопользование»: учебно-методические материалы. М.: Географический ф-т МГУ имени М.В. Ломоносова, 2013. С. 216–224.

3. Воробьева Т.А., Марголина И.Л. Муниципальные ГИС в целях оптимизации природопользования и решения экологических проблем // Геодезия и картография. 2013. № 5. С. 28–35.
4. Воробьева Т.А., Могосова Н.Н. Анализ состояния городской среды с использованием ГИС // ИнтерКарто-ИнтерГИС – 19: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Международной конференции / под ред. В.С. Тикунова и др. Курск, 2013. С. 56–62.
5. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Симонов Ю.Г. и др., Географическая концепция формирования геоинформационных систем для управления сельскохозяйственным производством // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1989. № 4. С. 3–10.
6. Марголина И.Л. Методика расчета потенциальной экологической устойчивости территории на примере Лужского района Ленинградской области // Экологические системы и приборы. 2011. № 7. С. 9–12.
7. Основы геоинформатики: в 2 кн.: учеб. пособие для студ. вузов / Е.Г. Капранов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2010. Кн. 1. 400 с.; Кн. 2. 432 с.
8. Kalioujnaia I., Carsjens G.J., Vorobyova T., Kalioujnaia N. Supporting the regional nature park management in Russia // Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceedings of the 15<sup>th</sup> Intern. Conf. InterCarto – InterGIS. Part II. Ghent, 2009. P. 83–96.
9. Kuzmenkova N., Vorobyova T. Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola peninsula // Journal of Geochemical Exploration. 2015. № 154. P. 194–199.
10. Velichkin V.I., Vorobyova T.A., Evseev A.V., Miroshnikov A.Yu. Radioecological Environment and Radiogeochemical Regionalization of Northwestern Russia // Doklady Earth Sciences. 2013. Vol. 453. Part I. P. 1154–1157.
11. ArcReview. Электронное издание по геоинформатике. URL: <http://www.data-plus.ru/Arcrev/index.htm>.
12. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциация. URL: <http://www.gisa.ru>.

### Literatura

1. Vorob'eva T.A., Polivanov V.S., Polyakov M.M. Municipal'ny'e GIS: informacionnoe obespechenie e'kologicheskogo kontrolya / pod red. M.M. Polyakova. Vologda: Vologodskij nauchno-koordinacionny'j centr RAN, 2006. 250 s.
2. Vorob'eva T.A., Zengina T.Yu., Tul'skaya N.I. Programma uchebnoj discipliny' «Geoinformacionny'e tehnologii v prirodopol'zovanii» // Programmy' disciplin professional'noj podgotovki po napravleniyu «E'kologiya i prirodopol'zovanie»: uchebno-metodicheskie materialy'. M.: Geograficheskij f-t MGU imeni M.V. Lomonosova, 2013. S. 216–224.
3. Vorob'eva T.A., Margolina I.L. Municipal'ny'e GIS v celyax optimizacii prirodopol'zovaniya i resheniya e'kologicheskix problem // Geodeziya i kartografiya. 2013. № 5. S. 28–35.
4. Vorob'eva T.A., Mogosova N.N. Analiz sostoyaniya gorodskoj sredy' s ispol'zovaniem GIS // InterKarto-InterGIS – 19: Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i prakticheskij opyt': materialy' Mezhdunarodnoj konferencii / pod red. V.S. Tikunova i dr. Kursk, 2013. S. 56–62.
5. Vorob'eva T.A., Polivanov V.S., Simonov Yu.G. i dr. Geograficheskaya koncepciya formirovaniya geoinformacionny'x sistem dlya upravleniya sel'skoxozyajstvenny'm proizvodstvom // Vestnik MGU. Ser. 5. Geografiya. 1989. № 4. S. 3–10.

6. *Margolina I.L.* Metodika rascheta potencial'noj e'kologicheskoy ustojchivosti territorii na primere Luzhskogo rajona Leningradskoj oblasti // E'kologicheskie sistemy' i pribory'. 2011. № 7. S. 9–12.

7. *Osnovy' geoinformatiki: v 2 kn.: ucheb. posobie dlya stud. vuzov / E.G. Kapralov, A.V. Koshkarev, V.S. Tikunov i dr.; pod red. V.S. Tikunova.* M.: Akademiya, 2010. Kn. 1. 400 s.; Kn. 2. 432 s.

8. *Kalioujnaia I., Carsjens G.J., Vorobyova T., Kalioujnaia N.* Supporting the regional nature park management in Russia // Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceedings of the 15<sup>th</sup> Intern. Conf. InterCarto – InterGIS. Part II. Ghent, 2009. P. 83–96.

9. *Kuzmenkova N., Vorobyova T.* Landscape-geochemical mapping of territory in the north-west of Kola peninsula // Journal of Geochemical Exploration. 2015. № 154. P. 194–199.

10. *Velichkin V.I., Vorobyova T.A., Evseev A.V., Miroshnikov A.Yu.* Radioecological Environment and Radiogeochemical Regionalization of Northwestern Russia // Doklady Earth Sciences. 2013. Vol. 453. Part I. P. 1154–1157.

11. ArcReview. E'lektronnoe izdanie po geoinformatike. URL: <http://www.dataplus.ru/Arcrev/index.htm>.

12. Geoinformacionny'j portal GIS-Associaciya. URL: <http://www.gisa.ru>.

*T.A.Vorobyova,  
I.L.Margolina*

**Information Support in Solving Problems  
in the Field of Environmental Management:  
Educational and Practical Aspects**

The article considers information support in solving problems in the field of environmental management. Conceptual approaches to organization of information flows that necessary to support management decisions on the basis of geographic information systems (GIS) are given. Considerable attention is paid to the issues of higher education in the field of “Ecology and environmental management”, connected with studying GIS-technologies. The basic tasks of mastering GIS-technologies and sections of training programs in this direction are provided.

*Keywords:* regional (complex) and sectoral GIS; environmental management; environmental situation; information flows; training (educational) programs.

Н.Н. Солодухина

## Применение моделирования в обучении географии в условиях реализации ФГОС основного общего образования

В работе рассматриваются подходы к моделированию в образовательной деятельности на примере географического содержания с возможностью использования этих подходов в других предметных областях с целью формирования метапредметных результатов освоения основной образовательной программы общего образования.

*Ключевые слова:* моделирование; Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС ООО); личностные метапредметные требования к результатам освоения основной образовательной программы (ООП); универсальные учебные действия (УУД).

**Г**еографическое образование сегодня должно ориентироваться на прикладные задачи, что соответствует представлениям информационного общества, где поиск, получение, переработка и использование информации могут рассматриваться как образовательная деятельность [3].

Результаты сравнительных данных по выполнению заданий ЕГЭ и ОГЭ в 2015 г. в Московской области позволяют утверждать, что наиболее слабым звеном в подготовке школьников является работа с источниками информации и методами ее получения. Выпускники затрудняются систематизировать и анализировать данные таблиц, картосхем, диаграмм, моделей; определять по графикам тенденции развития явлений и процессов в определенных пространственно-временных рамках, то есть сложности вызывают вопросы, требующие интеграции знаний из разных курсов и анализа полученной информации [5].

В условиях реализации ФГОС перед педагогами поставлена основная задача — соблюдение требований к результатам освоения обучающимися основной образовательной программы основного общего образования, где умение самостоятельно определять цели своего обучения, создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач, формирование компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий есть важная составляющая метапредметных требований [7].

В ноябре 2015 года были представлены новые экзаменационные модели заданий для итоговой аттестации в соответствии с требованиями ФГОС ООО, при выполнении которых обучающиеся должны уметь работать с источниками информации и владеть методами ее получения. Например, такие: «...используя

географические знания, напишите краткое сочинение-рассуждение, в котором выразите своё мнение о том...». Построение такого типа заданий ОГЭ определяет новые требования к проведению практических работ, которые комплексно формируют УУД и предметные знания.

Педагоги средней школы сталкиваются с рядом организационных и методических проблем, одной из которых является отсутствие конкретных методик, приемов, технологий по организации процесса формирования метапредметных умений.

К наиболее эффективному способу достижения комплексного формирования у школьников личностных результатов, универсальных учебных действий и предметных знаний можно отнести моделирование в обучении географии, которое отображает сущность пространственно-временных взаимосвязей и взаимодействий реально существующих явлений и процессов в статической, динамической, картографической, графической и других формах.

Применение моделирования позволяет учителю: организовывать поэтапный процесс обучения, направленный на развитие у школьников необходимых учебных действий для самостоятельной работы с различными информационными источниками, электронными средствами (справочно-информационными системами); использовать мультимедийные технологии; повышать мотивацию и творческую активность; усиливать интеграционную составляющую обучения, чтобы в дальнейшем обучающиеся смогли применять полученный опыт в других областях [6].

Непременным условием формирования универсальных учебных действий посредством моделирования является наличие заранее выработанных представлений о конечном продукте деятельности, этапах проектирования и создания модели, включая его осмысление и рефлексию результатов деятельности обучающихся.

Рассмотрим пять основных этапов формирования универсальных учебных действий посредством моделирования в обучении географии: диагностико-прогностический; этап планирования учебной деятельности по созданию географических моделей; опытно-экспериментальный этап создания географических моделей; аналитический этап создания географических моделей и этап представления результатов обучения.

Основной задачей первого, диагностико-прогностического этапа, является разработка целевых ориентиров, включающих систематизацию научного знания из разных областей методики преподавания и методологических исследований, обобщение передового педагогического опыта педагогов. Основным направляющим компонентом данного этапа можно назвать выявление индивидуальных способностей обучающихся, их желание и умение учиться, определение ориентиров в дальнейшем образовании.

На данном этапе происходит развитие личностных качеств учащегося, которые обеспечивают как ценностно-смысловую ориентацию школьников, так и их ориентацию в социальных ролях и межличностных отношениях.

Роль учителя на данном этапе определяется его умением использовать диалог и дискуссию в обучении, развивать тенденцию к индивидуальному выбору школьниками форм и содержания собственного обучения, включать школьников в процесс деятельности, которая будет способствовать значительному сближению педагогов и учеников.

На втором этапе планирования учебной деятельности по созданию географических моделей, основными задачами являются: отбор содержания школьного географического образования; а также использование различных методов, технологий обучения и форм учебной деятельности, таких как учебный практикум, проектная деятельность, внеурочная деятельность, учебная географическая игра, которые позволяют формировать познавательные, регулятивные и коммуникативные УУД, необходимые для планирования учебно-познавательной деятельности и взаимодействия между участниками образовательного процесса.

Роль учителя заключается в консультировании обучающихся по отбору содержания, организация индивидуального, индивидуально-группового, группового направления их деятельности, предложении идеи, высказывании предположений, а также в наблюдении и контроле за работой учеников.

Следует отметить, что на этом этапе особое внимание уделяется развитию у обучающихся как познавательных, регулятивных, так и коммуникативных универсальных учебных действий, таких как:

- самостоятельное выделение и формулирование цели учебной деятельности по созданию модели;
- поиск и выделение необходимой информации; применение методов информационного поиска, в том числе с помощью компьютерных средств;
- структурирование знаний;
- выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий;
- постановка и формулирование проблемы, самостоятельное создание алгоритмов деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;
- понимание роли и места географической науки в системе научных дисциплин;
- владение основами научных географических знаний (теорий, концепций, принципов, законов и базовых понятий);
- умение выделять, описывать и объяснять существенные признаки географических объектов и явлений.

Необходимо выделить особую группу универсальных учебных действий (УДД) логического характера, которая направлена на:

- развитие умений анализировать объекты с целью выделения признаков;
- синтез знаний — составление целого из частей, в том числе самостоятельное достраивание с восполнением недостающих компонентов;
- выбор оснований и критериев для сравнения, классификации объектов;
- установление причинно-следственных связей, представление цепочек объектов и явлений;

- построение логической цепочки рассуждений, анализ истинности утверждений;
- выдвижение гипотез и их обоснование [1; 4; 8].

При решении учебных задач в ходе создания географических моделей происходит развитие таких УУД, как постановка и решение проблемы:

- формулирование проблемы;
- самостоятельное создание способов решения проблем творческого и поискового характера [1, 4, 8].

Следует учитывать то, что деятельность, направленная на моделирование, основывается на установлении связей между учебной деятельностью в ходе выполнения работы и опытом обучающихся. В этой связи выпускнику основной школы легче воспринимать и осмысливать этапы работы над созданием модели.

Развитие универсальных учебных действий регулятивного характера обеспечивает успешную организацию работы по созданию моделей на всех этапах. К таким УУД относят:

- целеполагание как постановку учебной задачи на основе соотнесения того, что уже известно и усвоено обучающимися, и того, что еще неизвестно;
- планирование — определение последовательности промежуточных целей с учетом конечного результата; составление плана действий;
- прогнозирование — предвосхищение результата и уровня усвоения, его временных характеристик;
- коррекцию — внесение необходимых дополнений;
- оценку — выделение и осознание учащимся того, что уже усвоено и что еще подлежит усвоению, осознание качества и уровня усвоения [1; 4; 8].

Регуляция обучающегося своей деятельности может стать основой развития таких действий, как:

- выбор средства для работы над созданием географической модели;
- планирование и выполнение действия;
- определение промежуточных и конечных результатов, возможных ошибок.

Итогом является построение в логической последовательности всех учебных действий по созданию моделей:

- 1) определение источников необходимой информации для реализации учебной деятельности по созданию географических моделей;
- 2) определение типа модели;
- 3) определение способов сбора и анализа информации (по составлению модели, систематизации элементов модели, по обработке статистических данных, картографическому анализу и т. д.);
- 4) определение способа представления результатов;
- 5) установление процедур и критериев оценки результатов географического моделирования;
- 6) распределение задач (обязанностей) между членами рабочей проектной группы (если работа групповая) по разработке географической модели;

Третий этап формирования УУД посредством создания географических моделей — опытно-экспериментальный, где за основу взяты географические знания для создания моделей, такие как внешний облик географического объекта; свойства географических объектов и явлений, структура и состав географических объектов явлений и процессов, размещение географических объектов в пространстве, связи в географических процессах и явлениях.

По мере систематизации географического материала решаются задачи по определению конечного продукта моделирования: сбор и уточнение информации (основные инструменты: интервью, опросы, наблюдения, эксперименты и т. п.), мозговой штурм и обсуждение альтернатив, возникших в ходе выполнения работы; выбор оптимального варианта создания модели; поэтапное выполнение учебных задач по созданию географической модели.

Задача школьников: поэтапная деятельность по созданию географических моделей. Задачи учителя: наблюдение, осуществление косвенного руководства деятельностью по созданию географических моделей.

Особое значение в ходе работы по созданию географических моделей приобретает развитие коммуникативных универсальных учебных действий, которые обеспечивают социальную компетентность и учёт позиции других людей; умение слушать и вступать в диалог; участвовать в коллективном обсуждении проблем; интегрироваться в группу сверстников и строить продуктивное взаимодействие и сотрудничество со сверстниками и взрослыми. К таким УУД относятся следующие:

- планирование учебного сотрудничества с учителем и сверстниками — определение функций участников, способов взаимодействия;
- постановка вопросов — инициативное сотрудничество в поиске и сборе информации;
- разрешение конфликтов — выявление проблемы, поиск и оценка альтернативных способов разрешения конфликта, принятие решения и его реализация;
- управление поведением партнёра (контроль, коррекция, оценка его действий);
- умение с достаточной полнотой и точностью выразить свои мысли в соответствии с задачами и условиями коммуникации [1; 4; 8].

Преимущества совместной работы в группах:

- изменяется к лучшему характер взаимоотношений между учащимися (они начинают лучше понимать друг друга);
- самокритичность; учащийся, имеющий опыт совместной работы со сверстниками, начинает более точно оценивать свои возможности, лучше себя контролирует;
- у учащихся формируется умение организовать общение, умение слушать собеседника, умение эмоционально сопереживать, умение решать конфликтные ситуации, умение работать в группе [1; 4; 8].

Все вышеперечисленные универсальные учебные действия в равной степени получают свое развитие на этапах деятельности: опытно-экспериментальном и аналитическом.

Для аналитического этапа создания географических моделей характерна оценка проведенной работы и формулировка основных выводов. На этом этапе обучающиеся оформляют результаты деятельности по созданию географических моделей, анализируют полученную информацию.

Основной задачей данного этапа является определение типа модели, соответствующего определенному географическому содержанию, а именно [2]:

- модели облика географического объекта;
- модели свойств, процессов, состава географических объектов и явлений;
- модели связей географических объектов и явлений;
- модели размещения географического объекта в пространстве, в том числе прогностические [2].

Учитель анализирует результаты деятельности обучающихся. В ходе аналитического этапа школьники учатся оценивать проделанную работу по созданию моделей и формулируют основные выводы.

На последнем, пятом, этапе представления результатов создания географических моделей основной задачей является установление формы организации учебной деятельности. Такими формами могут быть: защита учебных проектов; выставка учебных достижений; круглый стол; конференция.

Представление результатов деятельности может быть установлено традициями школы, учителем географии. Обучающиеся готовят отчет о ходе работы по созданию географических моделей с объяснением полученных результатов (включая анализ причин получения отрицательных результатов).

На данном этапе важно отметить такое универсальное учебное действие, как рефлексия. Рефлексивно-оценочная деятельность обучающихся предполагает осознание ими всех компонентов учебной деятельности в ходе географического моделирования.

Деятельность, направленная на выполнение заданий по созданию географических моделей, способствует воспитанию индивидуальной ответственности за принимаемое решение, формированию всех блоков УУД и является инструментом формирования творческой активности обучающихся.

При определении успешности пройденного «пути» использования моделирования в обучении географии полагаем, что самой значимой оценкой для школьника является общественное признание состоятельности (успешности, результативности) его деятельности. Любой уровень достигнутых результатов обучающимися должен поощряться учителем, так как положительная мотивация, направленная на успех, создает условия для развития продуктивной деятельности.

### *Литература*

1. Как проектировать универсальные учебные действия в начальной школе: от действия к мысли: пособие для учителя / А.Г. Асмолов, Г.В. Бурменская, И.А. Воладарская и др.; под ред. А.Г. Асмолова. М.: Просвещение, 2008. 151 с.
2. *Нечепоренко С.И.* Методические особенности использования географических моделей на допрофессиональном этапе системы непрерывного образования туристских кадров: автореф. ... канд. пед. наук: 13.00.08: М., 1999. 23 с.
3. *Петрова Н.Н., Соловьева Ю.А.* География для настоящего и будущего: методические подходы к совершенствованию школьного географического образования // География в школе. 2014. № 1. С. 47–52.
4. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / сост. Е.С. Савинов. М.: Просвещение, 2011. 342 с.
5. *Солодухина Н.Н., Греханкина Л.Ф.* Анализ результатов государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования по учебным предметам на территории Московской области в 2015 году: сб. методических материалов. М.: АСОУ, 2015. С. 99–112.
6. *Солодухина Н.Н.* Повышение ИКТ-компетентности учителей географии в соответствии с требованиями профессионального стандарта педагога // Современный урок географии: проблемы и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции (Москва, 20 ноября 2015 г.). М.: Экон-Информ, 2015. С. 56–59.
7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф>
8. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли: пособие для учителя / А.Г. Асмолов, Г.В. Бурменская, И.А. Воладарская, Н.Г. Салмина, С.В. Молчанов и др.; под ред. А.Г. Асмолова. М.: Просвещение, 2010. 158 с.

### *Literatura*

1. Как проектироват' universal'ny'e uchebny'e dejstviya v nachal'noj shkole: ot dejstviya k my'sli: posobie dlya uchitelya / A.G. Asmolv, G.V. Burmenskaya, I.A. Voladarskaya i dr.; pod red. A.G. Asmlova. M.: Prosveshhenie, 2008. 151 s.
2. *Necheporenko S.I.* Metodicheskie osobennosti ispol'zovaniya geograficheskix modelej na doprofessional'nom e'tape sistemy' neprery'vnogo obrazovaniya turistskix kadrov: avtoref. ... kand. ped. nauk: 13.00.08: M., 1999. 23 s.
3. *Petrova N.N., Solov'eva Yu.A.* Geografiya dlya nastoyashhego i budushhego: metodicheskie podxody' k sovershenstvovaniyu shkol'nogo geograficheskogo obrazovaniya // Geografiya v shkole. 2014. № 1. S. 47–52.
4. Primernaya osnovnaya obrazovatel'naya programma obrazovatel'nogo uchrezhdeniya. Osnovnaya shkola / sost. E.S. Savinov. M.: Prosveshhenie, 2011. 342 s.
5. *Soloduxina N.N., Grexankina L.F.* Analiz rezul'tatov gosudarstvennoj itogovoj attestacii po obrazovatel'ny'm programmam srednego obshhego obrazovaniya po uchebny'm predmetam na territorii Moskovskoj oblasti v 2015 godu: sb. metodicheskix materialov. M.: ASOU, 2015. S. 99–112.
6. *Soloduxina N.N.* Povy'shenie IKT-kompetentnosti uchitelej geografii v sootvetstvii s trebovaniyami professional'nogo standarta pedagoga // Sovremenny'j urok geografii: problemy' i perspektivy' razvitiya: materialy' mezhregional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii (Moskva, 20 noyabrya 2015 g.). M.: E'kon-Inform, 2015. S. 56–59.

7. Federal'ny'j gosudarstvenny'j obrazovatel'ny'j standart osnovnogo obshhego obrazovaniya [E'lektronny'j resurs]. URL: <http://minobrnauki.rf>

8. Formirovanie universal'ny'x uchebny'x deystvij v osnovnoj shkole: ot deystviya k my'sli: posobie dlya uchitelya / A.G. Asmolov, G.V. Burmenskaya, I.A. Voladarskaya, N.G. Salmina, S.V. Molchanov i dr.; pod red. A.G. Asmolova. M.: Prosveshhenie, 2010. 158 s.

*N.N. Solodukhina*

**The Use of Modeling in the Teaching Geography  
in the Conditions of Implementation of Federal State Educational Standard  
of Basic General Education**

The article considers the approaches to modeling in educational activity by the example of geographic content, with the possibility of use these approaches in other subject areas with the aim to forming metasubject results of mastering the basic educational programs of general education.

*Keywords:* modeling; Federal state educational standard of basic general education; personal meta-subject requirements for the results of mastering basic educational program (BEP); universal educational actions (UEA).

**АВТОРЫ «ВЕСТНИКА МГПУ»,  
СЕРИЯ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»,  
2016, № 4 (24)**

**Бабенко Владимир Григорьевич** — доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии и экологии Института математики, информатики и естественных наук МПГУ.

E-mail: [alekto@aha.ru](mailto:alekto@aha.ru)

**Бубнов Владимир Алексеевич** — доктор технических наук, профессор, заведующий общеуниверситетской кафедрой естественнонаучных дисциплин Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: [vladimbubnov@yandex.ru](mailto:vladimbubnov@yandex.ru)

**Бургов Евгений Вадимович** — аспирант лаборатории почвенной зоологии и общей энтомологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

E-mail: [burgeniy@yandex.ru](mailto:burgeniy@yandex.ru)

**Волкова Оксана Николаевна** — кандидат педагогических наук, доцент, помощник ректора ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина».

E-mail: [ok6000@yandex.ru](mailto:ok6000@yandex.ru)

**Воробьева Татьяна Александровна** — кандидат географических наук, доцент кафедры рационального природопользования МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: [tvorobyova@yandex.ru](mailto:tvorobyova@yandex.ru)

**Грушина Татьяна Петровна** — кандидат педагогических наук, доцент кафедры географии Института математики, информатики и естественных наук МГПУ.

E-mail: [tanusha-222@mail.ru](mailto:tanusha-222@mail.ru)

**Колосов Евгений Николаевич** — кандидат химических наук, доцент кафедры физической и коллоидной химии РУДН.

E-mail: [eugn.e-mail@rambler.ru](mailto:eugn.e-mail@rambler.ru)

**Марголина Ирина Леонидовна** — кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры рационального природопользования МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: irina-mgu@mail.ru

**Михаленко Ирина Ивановна** — доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии РУДН.

E-mail: mikhalenko\_ii@pfur.ru

**Овсянников Владислав Михайлович** — доктор технических наук, профессор кафедры транспорта и технологии нефтегазового комплекса филиала Тюменского государственного нефтегазового университета в г. Ноябрьск.

E-mail: OvsyannikovVM@yandex.ru

**Салех Мохаммед Мокбель** — магистр химии, стажер кафедры физической и коллоидной химии РУДН.

E-mail: alshaibi@mail.ru

**Солодухина Наталья Николаевна** — кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры методики дистанционного обучения и новых образовательных технологий МГОУ.

E-mail: alekto@aha.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

**Христов Тодор Тодорович** — кандидат географических наук, доцент кафедры гостиничного и туристического бизнеса РЭУ им. Г.В. Плеханова.

E-mail: todor2009@list.ru

**Шульгина Дарья Павловна** — кандидат искусствоведения, доцент общеуниверситетской кафедры истории Института гуманитарных наук МГПУ.

E-mail: fsvids@yandex.ru

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

E-mail: olga\_shulgina@mail.ru

## AUTHORS

of «Vestnik of Moscow City University»  
a series of «Natural Science», 2016, № 4 (24)

**Babenko Vladimir Grigorievich** — Doctor of Biological Sciences, professor of department of Zoology and Ecology of the Institute of Mathematics, Computer Science and Natural Sciences, Moscow City University.

E-mail: alekto@aha.ru

**Bubnov Vladimir Alekseevich** — Doctor of Technical Sciences, professor, Head of a university-wide department of Natural Science Disciplines of the Institute of Mathematics, Computer Science and Natural Sciences, Moscow City University.

E-mail: vladimbubnov@yandex.ru

**Burgov Evgeniy Vadimovich** — postgraduate student of laboratory of Soil Zoology and General Entomology of A.N. Severtsov Institute of Problems of Ecology and Evolution.

E-mail: burgeniy@yandex.ru

**Volkova Oksana Nikolaevna** — Ph.D. (Pedagogy), docent, assistant of rector of “Kozma Minin Nizhny Novgorod State Teachers’ Training University”.

E-mail: ok6000@yandex.ru

**Vorobieva Tatiana Aleksandrovna** — Ph.D. (Geography), docent of department of Rational Nature Management of M.V. Lomonosov Moscow State University.

E-mail: tvorobyova@yandex.ru

**Grushina Tatiana Petrovna** — Ph.D. (Pedagogy), docent of department of Geography, Institute of Mathematics, Computer Science and Natural Sciences, Moscow City University.

E-mail: tanusha-222@mail.ru

**Kolosov Evgeny Nikolaevich** — Ph.D. (Chemistry), docent of department of Physical and Colloid Chemistry, Russian University of Peoples’ Friendship.

E-mail: eugn.e-mail@rambler.ru

**Margolina Irina Leonidovna** — Ph.D. (Geography), senior researcher of department of Rational Nature Management of M.V. Lomonosov Moscow State University.

E-mail: irina-mgu@mail.ru

**Mikhalenko Irina Ivanovna** — Doctor of Chemistry, professor of department of Physical and Colloid Chemistry, Russian University of Peoples' Friendship.

E-mail: mikhalenko\_ii@pfur.ru

**Ovsyannikov Vladislav Mikhailovich** — Doctor of Technical Sciences, professor of the department of Transport and Technology of Oil and Gas Complex of the Branch of Tyumen State Oil and Gas University in Noyabrsk.

E-mail: OvsyannikovVM@yandex.ru

**Saleh Mohammed Mokbel** — Master of Chemistry, trainee of department of Physical and Colloid Chemistry, Russian University of Peoples' Friendship.

E-mail: alshaibi@mail.ru

**Solodukhina Natalia Nikolaevna** — Ph.D. (Pedagogy), senior lecturer of department of Methods of Distance Learning and New Educational Technologies, Moscow State Regional University.

E-mail: alekto@aha.ru

**Fadeeva Elena Olegovna** — Ph.D. (Biology), senior researcher at A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAE.

E-mail: alekto@aha.ru

**Hristov Todor Todorovic** — Ph.D. (Geography), docent of department of Hotel and Tourism Business, G.V. Plekhanov Russian Economic University.

E-mail: toдор2009@list.ru

**Shulgina Darya Pavlovna** — Ph.D. (Art criticism), docent of a university-wide department of History, Institute of the Humanities, Moscow City University.

E-mail: fsvids@yandex.ru

**Shulgina Olga Vladimirovna** — Doctor of Historical Sciences, Ph.D. (Geography), Head of the department of Geography, Institute of Mathematics, Computer science and Natural Sciences, 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; заголовков — 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 по требованию главного или выпускающего редактора 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.mgri.ru](http://www.mgri.ru) в разделе «Документы» издательского отдела Научно-информационного издательского центра.

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

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

## **Вестник МГПУ**

Журнал Московского городского педагогического университета

*Серия «Естественные науки»*

2016, № 4 (24)

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 ГАОУ ВО МГПУ, доктор исторических наук,  
кандидат географических наук, профессор ***О.В. Шульгина***

Главный редактор выпуска:

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

Редактор:

*В.П. Бармин*

Перевод на английский язык:

*А.С. Джанумов*

Корректор:

*К.М. Музамилова*

Техническое редактирование и верстка:

*О.Г. Арефьева*

**Научно-информационный издательский центр ГАОУ ВО МГПУ:**

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

Телефон: 8-499-181-50-36.

E-mail: Vestnik@mgpu.ru

Подписано в печать: 01.11.2016 г.

Формат 70 × 108 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Объем 7,25 усл. п.л. Тираж 1000 экз.