

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология

- Кузнецова О. В. Федеральная отраслевая политика в географии прямого зарубежного инвестирования в России 3
- Гладкевич Г. И. Ресурсоемкость промышленности России в сравнении с зарубежными аналогами 12

География и экология

- Малхазова С. М., Миронова В. А., Пестина П. В., Орлов Д. С. Новые и возвращающиеся инфекции в России: медико-географический аспект 24
- Неронов В. В., Королева Е. Г., Дикарева Т. В., Романов А. А., Галушин В. М., Мелихова Е. В. Оценка биоразнообразия для выявления природоохранной ценности территорий 33

Методы географических исследований

- Огуреева Г. Н., Бочарников М. В., Емельянова Л. Г., Кадетов Н. Г., Леонова Н. Б., Леонтьева О. А., Микляева И. М., Румянцев В. Ю., Солдатов М. С., Суслова Е. Г. Картографирование биоразнообразия ... 40
- Бобров А. В., Юрманов А. А., Романов М. С. Реконструкция формирования ареала растений семейства монимиевые: молекулярно-генетический и морфологический анализ 47
- Петтайя Т., Ярви Л., Керминен В. М., Айджин Динг, Джуниг Сан, Ваний Ни, Джуниг Куянсуу, Вирккула А., Сиафен Янг, Конгбин Фу, Константинов П. И., Зилитинкевич С. С., Кулма-ла М. Загрязнение и термический режим нижней тропосферы: обратные связи в пограничном слое 54
- Соколов Д. И., Ерина О. Н., Эдельштейн К. К. Изменчивость гидролого-гидрохимических показателей в стратифицированном водохранилище 61
- Бабина Е. Д., Георгиади А. Г. Оценка качества воспроизведения температуры воздуха и сумм атмосферных осадков в бассейне р. Лена глобальными климатическими моделями 69

Региональные исследования

- Махрова А. Г., Нефедова Т. Г., Трейвиш А. И. Поляризация пространства Центрально-Российского мегалополиса и мобильность населения 77
- Гиппиус Ф. Н., Архипкин В. С., Фролов А. В. Сезонный ход испарения с поверхности Каспия с учетом влияния волнения и глубины моря 86

Краткие сообщения

- Алексеев А. И., Дельва К. И., Усова М. Д. «Генеалогические деревья» и социальные сети как источник информации для социально-географического изучения сельской местности 93

Хроника

- Юбилей кафедры биогеографии 96
- Юбилей 98

CONTENTS

Theory and methodology

- Kuznetsova O.V. Federal sectoral policy in the geography of foreign direct investment in Russia 3
 Gladkevich G.I. Resource consumption of industrial production in Russia as compared to foreign analogues 12

Geography and ecology

- Malkhazova S.M., Mironova V.A., Pestina P.V., Orlov D.S. Emerging and re-emerging infections in Russia: a medico-geographical aspect 24
 Neronov V.V., Koroleva E.G., Dikareva T.V., Romanov A.A., Galushin V.M., Melikhova E.V. Assessment of biodiversity to reveal the nature protection value of territories 30

Methods of geographical studies

- Ogureeva G.N., Bocharnikov M.V., Emelyanova L.G., Kadetov N.G., Leonova N.B., Leontjeva O.A., Miklyaeva I.M., Rumiantsev V.Yu., Soldatov M.S., Suslova E.G. Mapping of biological diversity 40
 Bobrov A.V., Yurmanov A.A., Romanov M.S. Reconstruction of the formation of the Monimiaceae family range: molecular-genetic and morphological analysis 47
 Pettaja T., Jarvi L., Kerminen V.M., Ding A., Sun J., Nie W., Kujansuu J., Virkkula A., Yang S., Fu C.B., Konstantinov P.I., Zilitinkevich S.S., Kulmala M. Pollution and thermal regime of the lower troposphere: feedbacks in the boundary layer. 54
 Sokolov D.I., Erina O.N., Edelshtein K.K. Variability of hydrological and hydrochemical characteristics in a stratified reservoir. 61
 Babina E.D., Georgiadi A.G. Evaluation of the simulation of air temperature and atmospheric precipitation in the Lena River basin by global climate models. 69

Regional studies

- Makhrova A.G., Nefedova T.G., Treivish A.I. The Central Russian megalopolis: polarization of space and population mobility. 77
 Gippius F.N., Arkhipkin V.S., Frolov A.V. Seasonal variations of evaporation from the Caspian Sea surface with account of wind waves and sea depth. 86

Short communications

- Alexeev A.I., Delva K.I., Usova M.D. «Family trees» and social networks as a source of information for the social-geographical analysis of rural territories. ... 93

Chronicle

- Jubilee of the Department of Biogeography. 96
 Jubilees. 98

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК: 911.9

О.В. Кузнецова¹**ФЕДЕРАЛЬНАЯ ОТРАСЛЕВАЯ ПОЛИТИКА В ГЕОГРАФИИ ПРЯМОГО ЗАРУБЕЖНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РОССИИ**

Проанализированы статистические данные о накопленных на 1 октября 2015 г. прямых иностранных инвестициях (ПИИ) по субъектам РФ. Показана роль в формировании географии накопленных ПИИ особенностей федерального управления, связанных со столичным статусом Москвы, соглашений о разделе продукции, фактически введенных федеральными властями ограничений для иностранного капитала в нефтегазовом секторе при значительном присутствии офшорного капитала в металлургии, а также режима промышленной сборки в автомобильной промышленности.

Ключевые слова: накопленные прямые иностранные инвестиции, федеральная отраслевая политика, столичный статус Москвы, офшорный капитал, соглашения о разделе продукции, нефтегазовый сектор, металлургия, автомобильная промышленность.

Введение. География прямого зарубежного инвестирования, включая географию прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в России, относится к одной из активно разрабатываемых тем. Среди факторов, определяющих межрегиональные различия по притоку ПИИ, нередко рассматривается роль государственной экономической политики. В частности, объектом изучения становятся новые инструменты привлечения инвесторов в специально отобранные для этого территориальные образования – особые экономические зоны, индустриальные парки, территории опережающего социально-экономического развития; анализируются последствия реализации федеральной региональной политики, результаты инвестиционной политики органов власти субъектов Российской Федерации. Вместе с тем в географических исследованиях (как и в работах по региональной экономике) практически не рассматривается роль федеральной отраслевой политики в формировании географии ПИИ; иначе говоря, вне поля зрения исследователей остаются даже самые очевидные региональные последствия нерегиональных решений (в отечественной географии о необходимости заниматься этими вопросами писал Л.В. Смирнягин [1999]).

Работа посвящена тому, чтобы восполнить этот пробел и проанализировать значимые для формирования географии ПИИ в России составляющие федеральной отраслевой политики, к которым относятся:

- соглашения о разделе продукции – инструмент привлечения иностранных инвесторов, применяемый только в очень ограниченном круге отраслей;
- фактически вводимые федеральными властями ограничения на присутствие иностранного капитала в целом и офшорного в частности в стратегически важных отраслях экономики;

– избирательная поддержка федеральными властями отдельных производственных отраслей (наиболее очевидный пример такой поддержки – автомобильная промышленность);

– особенности федерального регулирования в разных отраслях экономики (включая банковский сектор), связанные со столичным статусом Москвы.

Материалы и методы исследований. Анализ роли федеральной отраслевой политики в формировании географии ПИИ основан на использовании двух массивов статистических данных о субъектах Российской Федерации. Первый – собственно о ПИИ (для выявления межрегиональных различий по масштабу присутствия иностранного капитала), второй – об отраслевой структуре экономики (для количественного подтверждения специализации регионов на тех или иных отраслях). Оба массива данных необходимо прокомментировать.

Анализируя географию ПИИ, исследователи долгие годы были вынуждены опираться на единственный доступный показатель – текущий приток ПИИ в регионы, который публиковался Росстатом ежеквартально и в целом за год. Этот показатель, во-первых, отличается крайней нестабильностью значений по регионам, особенно для небольших регионов (в них реализация отдельных крупных инвестиционных проектов приводит к существенному «всплеску» ПИИ); во-вторых, не отражает отток ПИИ. И если первый недостаток можно преодолеть путем расчета среднего (или суммарного) за несколько лет показателя притока ПИИ, то второй недостаток гораздо серьезнее.

Ситуация изменилась в лучшую сторону с началом публикации Центральным банком России данных о ПИИ. Начиная с 2011 г. есть статистика по субъектам Федерации не только о поступлении

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, профессор, докт. экон. н., профессор РАН; e-mail: kouznetsova_olga@mail.ru

ПИИ, но и об их изъятии и, соответственно, сальдо (по России в целом – табл. 1), причем размеры изъятий в отдельные периоды (кварталы) даже в целом по стране, не говоря об отдельных регионах, могут превышать объем притока ПИИ. В целом по России такая ситуация имела место в 3-м и 4-м кварталах 2014 г. и во 2-м квартале 2015 г., что, совершенно очевидно, было связано с известными внешнеполитическими событиями.

гетических и добычи прочих полезных ископаемых, а также для 10 подразделов «Обрабатывающие производства». Эти данные позволяют оценить структуру промышленного производства по регионам, но с определенной долей условности, поскольку содержат так называемый двойной счет (по этой же причине они несопоставимы с данными о структуре валовой добавленной стоимости). Однако даже эта структура не слишком дробная.

Таблица 1

Динамика прямых иностранных инвестиций в России*
(млн долл. США)

Год	Поступило ПИИ	Изъято ПИИ	Сальдо ПИИ
2010	142 168	99 000	43 168
2011	235 082	179 998	55 084
2012	161 132	110 545	50 588
2013	193 685	124 466	69 219
2014	146 133	123 242	22 891
3 квартала 2015	91 252	89 908	1 344

* Данные Центробанка России.

Таким образом, говорить о том, что суммарный приток ПИИ за несколько лет сколько-нибудь близок к показателю накопленных ПИИ по регионам, не приходится. Но и эта проблема на сегодняшний день решена – с начала 2015 г. Центробанк начал ежеквартально публиковать данные непосредственно о накопленных ПИИ в разрезе субъектов РФ (на момент подготовки статьи последние опубликованные показатели на 1 октября 2015 г.). Эти данные содержат не только общий объем накопленных ПИИ, но и их структуру в разрезе стран, экономических и географических зон, видов экономической деятельности (по каждому субъекту РФ, включая Республику Крым и Севастополь). Таким образом, появился огромный массив информации для анализа.

При анализе отраслевой структуры экономики российских регионов основным источником данных также традиционно выступает Росстат. В его статистических сборниках («Регионы России. Социально-экономические показатели» и др.) можно найти данные:

- об отраслевой структуре валовой добавленной стоимости, но только в разрезе 16 разделов Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД), где вся промышленность, как известно, делится только на три составляющие: «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства» и «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды»;
- о структуре среднегодовой численности занятых, но тоже только в разрезе разделов ОКВЭД;
- о структуре объема отгруженной продукции (работ, услуг) отдельно для добычи топливно-энер-

На взгляд автора, в географические исследования несправедливо не включают данные Федеральной налоговой службы о поступлении налогов и сборов в консолидированный бюджет РФ по основным видам экономической деятельности (статистическая отчетность по форме № 1-НОМ²). В эту статистику за 2015 г. включены данные о 71 виде экономической деятельности. Конечно, общий объем поступивших в бюджетную систему налогов и сборов зависит от множества составляющих. Существуют, например, возврат налога на добавленную стоимость экспортерам, проблемы ухода предпринимателей от уплаты налога на прибыль или уплаты его не по месту фактической деятельности компаний, плохая собираемость имущественных налогов в силу несовершенства кадастрового учета земли и недвижимости.

Однако можно воспользоваться данными о поступлении налога на доходы физических лиц (НДФЛ). Собирается этот налог хорошо, его ставка в 13% едина по всей территории страны (а установленные налоговые льготы не вносят существенный вклад в объем его поступлений), взимается налог по месту работы граждан (т.е. нет сколько-нибудь серьезных проблем с территориальной привязкой налога). Таким образом, данные об отраслевой структуре НДФЛ можно считать данными о отраслевой структуре фонда оплаты труда.

Кроме того, для исследования важна еще одна статистическая форма Федеральной налоговой службы – отчет о налоговой базе и структуре начислений по акцизам на легковые автомобили и мотоциклы (№ 5-АМ). В этой форме отражен не только объем уплаченных акцизов, но и данные в разрезе

² Раздел «Статистика и аналитика» интернет-сайта Федеральной налоговой службы (URL: https://www.nalog.ru/m77/related_activities/statistics_and_analytics/forms).

зе субъектов РФ по числу произведенных легковых автомобилей и их суммарной мощности, причем по трем группам автомобилей разной мощности. Эта общедоступная статистика особенно важна в ситуации, когда Росстат подобные данные последний раз опубликовал только за 2007 г., а в последующие годы приводил их только в разрезе федеральных округов (мотивируя это необходимостью обеспечения конфиденциальности информации).

Результаты исследований и их обсуждение. Сравнение российских субъектов РФ по абсолютному объему накопленных ПИИ на 1 октября 2015 г. показывает огромную дифференциацию регионов по этому показателю и чрезмерную концентрацию ПИИ в Москве (табл. 2). Лидерство столицы отча-

сти объективно. В модели иерархически-волновой диффузии ПИИ показано [Кузнецов, 2007], что иностранные инвесторы первые свои предприятия создают, как правило, в ключевых экономических центрах или их пригородах и только потом начинают вести свою деятельность в других городах и регионах страны. Это связано с лучшей информированностью иностранных инвесторов о столицах, возможностью получить в них поддержку со стороны посольств или торговых представительств своих стран, высокой емкостью рынков крупнейших городов. Последнее особенно актуально для России, учитывая высокую долю столичного региона в населении страны, а также то, что ключевой фактор для инвестирования в России для зарубежных пред-

Таблица 2

Регионы-лидеры по накопленным прямым иностранным инвестициям на 01.01.2015

№	Субъект РФ	Объем ПИИ, млн долл. США	Доля в ПИИ, %	Субъект РФ	ПИИ на душу населения, долл./человека
1	Москва	169 544	48,61	Сахалинская область	71612,2
2	Сахалинская область	34 940	10,02	Ямало-Ненецкий АО	16375,2
3	Санкт-Петербург	17 375	4,98	Москва	13827,3
4	Красноярский край	15 539	4,46	Тюменская область (без АО)	10641,9
5	Тюменская область (без АО)	15 347	4,40	Вологодская область	9150,8
6	Вологодская область	10 883	3,12	Чукотский АО	8694,6
7	Московская область	10 640	3,05	Липецкая область	6490,3
8	Ямало-Ненецкий АО	8 796	2,52	Красноярский край	5428,8
9	Липецкая область	7 509	2,15	Магаданская область	5264,0
10	Свердловская область	6 275	1,80	Санкт-Петербург	3336,8
11	Челябинская область	5 809	1,67	Ненецкий АО	2733,6
12	Пермский край	4 028	1,16	Новгородская область	2591,1
13	Ханты-Мансийский АО	3 119	0,89	Калужская область	2033,9
14	Ленинградская область	2 524	0,72	Ханты-Мансийский АО	1926,7
15	Краснодарский край	2 105	0,60	Челябинская область	1660,2
16	Калужская область	2 054	0,59	Пермский край	1528,5
17	Кемеровская область	1 971	0,57	Республика Саха (Якутия)	1490,3
18	Белгородская область	1 860	0,53	Московская область	1463,1
19	Нижегородская область	1 710	0,49	Свердловская область	1449,7
20	Республика Татарстан	1 632	0,47	Ленинградская область	1420,2
21	Новгородская область	1 599	0,46	Амурская область	1241,4
22	Республика Саха (Якутия)	1 428	0,41	Белгородская область	1200,6
23	Тульская область	1 257	0,36	Республика Коми	891,1
24	Самарская область	1 244	0,36	Республика Тыва	856,4
25	Приморский край	1 243	0,36	Тульская область	832,5

Примечание. Доли других субъектов РФ <0,3%, объем ПИИ <725 долл./человека, расчет автора по данным Центробанка России и Росстата.

принимателей – именно возможность выхода на ее рынок сбыта. Другие факторы, ключевыми из которых в мире считаются снижение издержек и доступ к различным ресурсам, играют в России второстепенное значение [там же].

Вместе с тем у лидерства Москвы есть и другая причина – приписывание столице тех инвестиций, которые на самом деле были осуществлены в других российских регионах. Такая ситуация во многом связана со столичным статусом Москвы, который в свою очередь определяется спецификой федерального управления, причем рента столичного статуса проявляется не только в прямом зарубежном инвестировании, но и во многих других сферах [Зубаревич, 2012; Гладкий, 2014].

Столичный статус Москвы, с точки зрения объяснения статистики ПИИ, проявляется прежде всего в регистрации в городе штаб-квартир крупных компаний – как де-факто российских (с участием иностранного или офшорного капитала, о роли которого будет сказано ниже), так и подлинно иностранных. Признанная причина нахождения штаб-квартир компаний в Москве – централизованная система принятия решений, которая требует от представителей бизнеса непосредственных контактов с федеральными органами власти (и не только), особенно для подлинно иностранного бизнеса. Их центральные офисы могут оставаться в Москве, поскольку изначально они создавались именно в столице в силу уже названных причин, а позже не было смысла в их переносе в другие регионы (Москва продолжает оставаться крупнейшим рынком сбыта и местом, удобным для международных контактов)³.

В результате регистрации в Москве штаб-квартир компаний, инвестировавших средства в разных регионах, часть их ПИИ приписывается статистикой к столице. Точно оценить масштабы подобного искажения реальной действительности невозможно, но доказать его существование легко по структуре накопленных ПИИ в Москве по видам экономической деятельности. В Москве в структуре накопленных ПИИ доля явно не имеющей к столице добычи полезных ископаемых составляла 14,7%, а доля Москвы в суммарном распределенном по регионам объеме накопленных ПИИ по этому виду деятельности – 18,0% (непосредственно по России Центробанк данные в разрезе видов экономической деятельности не приводит).

Позиции обрабатывающих производств в Москве очень скромные: аналогичные показатели составляют всего 1,0 и 2,0%. Крупные, вертикально интегрированные компании в большей степени представлены в сырьевых отраслях, чем в обрабатывающей промышленности, и, что не менее важно, пос-

ледние меньше зависят в их текущей деятельности от федеральных решений. Для сырьевых компаний важна, например, выдача федеральными властями лицензий на добычу полезных ископаемых.

В структуре накопленных ПИИ в Москве с долей добычи полезных ископаемых сопоставимы доли оптовой и розничной торговли (14,2%) и прочих услуг (12,8%), несколько меньше доля информации и связи (10,5%), на первом же месте – финансовая деятельность и страхование (40,0%). Если финансовая операция идет через зарегистрированный в Москве банк, она, как и в случае со штаб-квартирами компаний, может не отражаться в статистике по региону, где реально строится предприятие. А концентрация банковской деятельности в России, как известно, огромна, что объясняется в немалой степени особенностями федерального регулирования в этой сфере [Агеева, Мишура, 2016].

Особое положение Москвы, скорее всего, – одновременно и результат целенаправленных действий федеральных властей, и проявление заранее не планировавшихся последствий отраслевой политики. Роль Москвы в федеральной региональной политике – тема для отдельной статьи, вместе с тем кратко можно сказать следующее. С одной стороны, задача региональной политики – добиваться снижения межрегиональных диспропорций и предотвращения дальнейшего гипертрофированного роста столицы. С другой стороны, федеральные власти оказывают Москве немалую финансовую поддержку ради поддержания качества жизни ее населения, что в свою очередь необходимо для обеспечения политической стабильности в стране, которая также является целью региональной политики. Иначе говоря, однозначно оценить складывающуюся ситуацию с Москвой сложно.

На втором месте по абсолютному объему накопленных ПИИ в России – Сахалинская область (табл. 2), что, очевидно, связано с использованием такого инструмента привлечения ПИИ, как соглашения о разделе продукции (СРП). Заключение договоров об СРП и использование соответствующего специального режима налогообложения (предусмотренного Налоговым кодексом РФ) может применяться в отношении любого минерального сырья⁴. Однако заметную роль СРП играют только в нефтегазовой отрасли, причем три соглашения – «Сахалин-1», «Сахалин-2» и по Харьгинскому нефтяному месторождению в Ненецком АО – были заключены еще до принятия федерального закона об СРП (подробнее см. [Коржубаев., Эдер, 2010; Абдулкадыров и др., 2014]). Ненецкий АО в силу своих небольших размеров и меньшего масштаба добычи не входит в лидеры по абсолютному объему накопленных ПИИ, но является таковым по на-

³ Один из показательных примеров – известная турецкая пивоваренная компания «Эфес» (URL: <http://www.efesrussia.ru>). Первый завод «Эфес» построил в Москве в 1999 г., но в 2014 г. закрыл его с передислокацией производства в другие регионы: у «Эфес» пивоваренные заводы в Калуге, Уфе, Казани, Ульяновске, Новосибирске и Владивостоке, однако центральный офис компании остался в Москве.

⁴ По Федеральному закону от 31.12.1995 № 225-ФЗ «О соглашениях о разделе продукции» с последующими его изменениями и дополнениями.

копленным ПИИ в расчете на душу населения (табл. 2).

Хотя именно в нефтегазовом секторе стал использоваться механизм СРП, привлекая в отрасль ПИИ на льготных для зарубежных инвесторов условиях, в этом же секторе федеральные власти стали ограничивать если не присутствие, то доминирование зарубежных инвесторов. Иллюстрацией может служить уже названное Харьягинское СРП. По первоначально подписанному в 1995 г. проекту в состав участников СРП входили французская «Total» с долей 50% (она же стала оператором проекта), норвежская «Statoil» с долей 40% и российская «Нефтяная компания» с долей 10%. Но уже в 2010 г. в проект вошла госкорпорация «Зарубежнефть», доля которой составила 20%; доли «Total» и «Statoil» были снижены до 40 и 30% соответственно. В 2015 г. стало известно, что «Total» продаст «Зарубежнефти» еще 20% и передаст ей статус оператора проекта⁵. Конечно, очевидных доказательств федерального давления на иностранные компании нет, но хорошо известно, что власти постоянно обвиняют инвесторов в завышении расходов (что принципиально важно с точки зрения уплаты налогов).

В качестве другого примера приведем историю с попыткой покупки в 2015 г. крупнейшей международной нефтесервисной компанией «Schlumberger» (со штаб-квартирами в разных странах мира) самой крупной в России буровой компании «Евразия» (фактически контролируемой российским бизнесом). История эта получила большой резонанс в СМИ, при этом говорилось именно о блокировке сделки со стороны федеральных властей.

В нефтегазовом комплексе, в отличие от металлургии, почти не получил распространения и офшорный капитал («Евразия», скорее, исключение из правила). Необходимость обращать внимание именно на офшорный капитал связана с тем, что его роль в структуре накопленных ПИИ имеет огромное значение. В общем объеме накопленных в России ПИИ доля Кипра составляла 28,4%, Нидерландов – 12,6%, Люксембурга – 12,2%, Ирландии – 8,7%, Багамских островов – 6,2%. Все эти страны в той или иной степени являются офшорами (Нидерланды и Ирландия – отчасти⁶). Доля занимающей шестую позицию Германии, которая в качестве офшора не используется, составила только 4,1%.

Если проанализировать структуру капитала крупнейших российских компаний, представленных в рейтинге агентства «Эксперт РА»⁷, то видно, что в нефтегазовой промышленности все они в основном российские, причем и реально, и формально. Особый

случай представляет собой «Роснефть». Реально компания контролируется государством (69,5% акций принадлежит АО «Роснефтегаз», который на 100% находится в федеральной собственности), но в структуре акционерного капитала 19,75% принадлежит британской «BP»⁸ (по общепринятым в мире правилам, чтобы считаться прямым инвестором, достаточно владеть 10% капитала). Соответственно, в регионы-лидеры по накопленным ПИИ попадают те регионы, где «Роснефть» ведет активную деятельность.

Совершенно другая ситуация сложилась в металлургии, как черной, так и цветной. Здесь, напротив, среди лидеров отрасли (по крайней мере из первой сотни «Эксперта РА») формально вообще нет российских компаний, хотя реально все они таковыми являются (все компании зарегистрированы на Кипре, иногда в других офшорах, и их инвестиции формально оказываются иностранными). В результате в списке регионов-лидеров по объемам накопленных ПИИ присутствуют все те субъекты РФ, которые специализируются на черной и/или цветной металлургии и вносят существенный вклад в общероссийский объем производства металлургической продукции (табл. 3). Третье место Красноярского края по абсолютному объему накопленных ПИИ связано как с металлургической специализацией этого субъекта РФ, так и с инвестициями «Роснефти» в освоение крупного Ванкорского нефтегазоконденсатного месторождения⁹, промышленная эксплуатация которого началась в августе 2009 г.

Дифференцированное отношение федеральных властей к присутствию офшорного капитала вполне понятно: зависимость бюджетных доходов и экономики страны в целом от нефтегазового сектора гораздо значимее, чем от металлургии. Вообще вывод капиталов из офшоров в принципе считается необходимым для успешного экономического развития страны, и федеральные власти пытаются предпринимать усилия по решению этой проблемы.

Наконец, еще одна отрасль, где федеральными властями проводилась особая политика в отношении иностранных инвесторов, – автомобильная промышленность. Для ее поддержки в 2005 г. был введен так называемый режим промышленной сборки, суть которого в установлении льготных ставок по таможенным пошлинам на импортируемые автокомпоненты [Витютина, Пирогова, 2011; Лебедев, Панкратова, 2011]. Иначе говоря, за счет мер таможенной политики иностранным автопроизводителям оказывается выгоднее размещать автосборочные предприятия на российской территории, чем ввозить в Россию готовые автомобили.

⁵ Интернет-сайт газеты «Ведомости» (URL: <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/10/19/613321-total-pokidaet-haryaginskoe-sgrp>, дата обращения: 25.04.2016).

⁶ Двойственный характер инвестиций из Нидерландов и Ирландии, а также использование офшоров не только российскими, но и иностранными компаниями не позволяют проводить точные оценки масштабов офшорного капитала как в РФ в целом, так и в ее регионах.

⁷ Интернет-сайт «Эксперт РА» (URL: <http://raexpert.ru/ratings/expert400/2015>, дата обращения: 20.04.2016).

⁸ Интернет-сайт «Роснефти» (URL: http://rosneft.ru/Investors/structure/share_capital, дата обращения: 25.04.2016).

⁹ Интернет-сайт «Роснефти» (URL: http://www.rosneft.ru/Upstream/ProductionAndDevelopment/eastern_siberia/vankorneft, дата обращения: 08.05.2016).

Таблица 3

**Регионы-лидеры по поступлениям налога на доходы физических лиц в нефтегазовом комплексе
и металлургии в 2015 г., %**

№	Нефтегазовый комплекс			Металлургия		
	субъект РФ	доля в РФ	доля в НДФЛ в регионе	субъект РФ	доля в РФ	доля в НДФЛ в регионе
1	Ханты-Мансийский АО	32,18	37,5	Свердловская область	11,28	10,0
2	Ямало-Ненецкий АО	15,80	32,5	Красноярский край	9,90	12,6
3	Москва	7,93	1,0	Челябинская область	8,36	12,0
4	Республика Татарстан	4,97	7,3	Москва	4,74	0,5
5	Сахалинская область	4,52	17,7	Московская область	4,04	1,7
6	Республика Башкортостан	3,53	6,7	Белгородская область	3,60	11,0
7	Оренбургская область	3,14	11,5	Вологодская область	3,57	15,0
8	Республика Коми	2,80	10,9	Липецкая область	3,43	17,1
9	Самарская область	2,48	4,3	Кемеровская область	3,42	6,4
10	Иркутская область	2,37	5,0	Иркутская область	3,02	5,4
11	Республика Саха (Якутия)	2,03	5,9	Санкт-Петербург	2,94	1,2
12	Красноярский край	2,02	3,0	Нижегородская область	2,68	3,8
13	Астраханская область	1,67	12,2	Мурманская область	2,36	6,6
14	Томская область	1,64	8,0	Магаданская область	2,22	22,2
15	Тюменская область	1,51	4,7	Оренбургская область	2,05	6,4
16	Пермский край	1,45	3,3	Волгоградская область	1,73	4,6
17	Ненецкий АО	1,31	29,7	Ростовская область	1,65	2,4
18	Краснодарский край	1,09	1,3	Республика Саха (Якутия)	1,62	4,0
19	Ленинградская область	0,95	2,7	Республика Башкортостан	1,54	2,5
20	Удмуртская Республика	0,93	4,1	Пермский край	1,51	2,9

Примечание. Нефтегазовая отрасль – сумма добычи сырой нефти и природного газа, предоставления услуг в этих областях и производства нефтепродуктов; металлургия – сумма добычи металлических руд, металлургического производства и производства готовых металлических изделий, расчет автора по данным Федеральной налоговой службы.

Влияние масштаба развития автомобильной промышленности (табл. 4) на место региона по накопленным ПИИ среди других субъектов РФ не столь очевидно, как для нефтегазовой отрасли и металлургии, тем не менее один из лидеров по накопленным ПИИ – Калужская область – отличается значимой ролью автомобильной промышленности в ее экономике. Впрочем, Калужская область – субъект РФ, считающийся в последние годы образцом инвестиционной политики региональных властей (составляющие этой политики рассмотрены, например, в работе [Москвитина и др., 2015]). О реальной привлекательности Калужской области для иностранных инвесторов свидетельствуют и данные о структуре накопленных в ней ПИИ: на обрабатывающие производства приходится 73,9%, а на Германию – 25,5%.

Выводы:

– федеральная отраслевая политика играет немаловажную роль в формировании географии накоп-

ленных ПИИ в РФ. Среди ее значимых проявлений – разное отношение федеральных властей к присутствию иностранного капитала в сырьевых отраслях экономики. Если в нефтегазовом секторе есть явное стремление не дать зарубежным инвесторам занять значимые позиции в отрасли, то в металлургии все ключевые компании формально контролируются из-за рубежа. В результате именно металлургические регионы оказываются в лидерах по объемам накопленных ПИИ. Вместе с тем и в нефтегазовой сфере есть исключения, которые связаны с соглашениями о разделе продукции, причем заключенными еще в тот период, когда у российских инвесторов было недостаточно средств для развития отрасли (самый яркий пример – Сахалинская область). Кроме того, прямые инвесторы присутствуют и без их контроля над компаниями (как в случае «Роснефти»);

– другое проявление федеральной политики в сырьевых отраслях – централизованное принятие решений, в том числе по недропользованию. Это

Таблица 4

Автомобильная промышленность в субъектах РФ* в 2015 г.

Субъект РФ	Производство легковых автомобилей				Поступление НДС по производству автомобилей, прицепов и полуприцепов	
	штук	то же, % от РФ	тыс. л.с.	то же, % от РФ	доля в РФ, %	доля в НДС региона, %
Российская Федерация	1 225 323	100,00	141 332	100,00	100,00	0,6
Калужская область	117 143	9,56	15 502	10,97	6,28	5,5
Московская область	31 505	2,57	5 696	4,03	2,60	0,2
Москва	66 158	5,40	7 773	5,50	7,51	0,2
Калининградская область	93 837	7,66	14 830	10,49	0,65	0,7
Ленинградская область	15 688	1,28	2 041	1,44	1,42	0,7
Санкт-Петербург	254 995	20,81	31 117	22,02	7,11	0,6
Карачаево-Черкесская Республика	17 784	1,45	2 069	1,46	0,22	1,2
Республика Татарстан	21 120	1,72	2 970	2,10	13,04	3,5
Удмуртская Республика	81 973	6,69	7 710	5,46	1,65	1,3
Нижегородская область	42 291	3,45	5 063	3,58	10,43	3,2
Пензенская область	2	0,00	0,6	0,00	0,30	0,4
Самарская область	423 117	34,53	37 658	26,65	23,02	7,3
Ульяновская область	25 197	2,06	3 206	2,27	5,04	6,2
Челябинская область	4	0,00	0,4	0,00	4,15	1,3
Приморский край	34 509	2,82	5 695	4,03	0,40	0,2

* Данные Федеральной налоговой службы и расчеты автора.

создает объективные условия для присутствия в столице штаб-квартир многих крупных компаний, что в свою очередь ведет к регистрации части ПИИ в Москве. Повышенная доля Москвы в накопленных ПИИ связана и с особенностями федерального банковского регулирования, в результате которого гипертрофированную роль в экономике страны играют именно столичные банки;

– в обрабатывающей промышленности значимым проявлением федеральной отраслевой политики можно считать особые правила поддержки автомобильной промышленности (решения о промышленной сборке), что привело к высоким позициям по накопленным ПИИ регионов с соответствующей специализацией. В данном случае для привлечения ПИИ важны были и другие факторы инвестиционной привлекательности регионов, особенно в части создания властями субъектов РФ благоприятных

условий для ведения предпринимательской деятельности;

– особенности федеральной отраслевой политики приводят к дифференциации регионов по объему накопленных не только подлинно иностранных, но и офшорных инвестиций, а в случае Москвы и к искажению реальной картины распределения средств по регионам. К сожалению, избежать этого искажения, равно как и разделить подлинно иностранные и офшорные инвестиции, невозможно. Это означает, что при дальнейших исследованиях ПИИ крайне важно не ограничиваться анализом статистики, а дополнять его изучением территориальной структуры отдельных компаний, но в то же время и отказываться от анализа статистики нельзя, поскольку она все-таки дает официальную и, насколько возможно, полную информацию по субъектам РФ, важно лишь правильно интерпретировать эту информацию.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-28-00097 «Оптимизация российских внешних инвестиционных связей в условиях ухудшения отношений с ЕС») Института мировой экономики и международных отношений РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдулкадыров А.С., Ефимова Д.В., Долгачева Е.И. Соглашение о разделе продукции: текущее состояние и перспективы развития в нефтегазовом секторе России // Экономика и предпринимательство. 2014. № 11–2. С. 249–253.
- Агеева С.Д., Мишура А.В. Региональная неравномерность развития банковских институтов // Регион: экономика и социология. 2016. № 1. С. 34–61.
- Витютина Т.А., Пирогова Т.Э. Привлечение иностранных инвестиций в автомобильную промышленность России // Финанс. журн. 2011. № 3. С. 47–68.
- Гладкий Ю.Н. Роль ренты столичного статуса в усилении межрегионального неравенства // Вестн. Забайкальского гос. университета. 2014. № 10. С. 106–115.
- Зубаревич Н.В. Рента столичного статуса // Pro et contra. 2012. № 6. С. 6–18.
- Коржубаев А.Г., Эдер Л.В. Роль иностранных инвестиций в нефтяной и газовой промышленности России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2010. № 12. С. 10–15.
- Кузнецов А.В. Интернационализация российской экономики: Инвестиционный аспект. М.: КомКнига, 2007. 288 с.
- Лебедев К.К., Панкратова Д.А. Эволюция режимов промышленной сборки – одно из условий дальнейшей модернизации и развития автомобильной промышленности России // Экон. наука современной России. 2011. № 3. С. 121–134.
- Москвитина Н.А., Носова А.Н., Романова Е.В. Калужская область и Бавария: сравнительный анализ институциональных факторов регионального развития // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 4. С. 81–88.
- Смирнягин Л.В. Оценка региональных последствий деятельности федерального правительства (региональная экспертиза) // Региональная политика, направленная на сокращение экономической и правовой асимметрии. М.: Проект Тасис. 1999.

Поступила в редакцию 10.05.2016

Принята к публикации 02.06.2016

O.V. Kuznetsova¹

FEDERAL SECTORAL POLICY IN THE GEOGRAPHY OF FOREIGN DIRECT INVESTMENT IN RUSSIA

Statistics on foreign direct investment (FDI) stocks as of October 1, 2015 in Russian regions is analyzed. The role of several factors in shaping the geography of FDI stocks is shown, namely the specific features of federal management due to the capital status of Moscow; the implementation of production sharing agreements; the restrictions on foreign capital in the oil and gas sector actually imposed by the federal authorities along with preserving a significant presence of offshore capital in metal industry; the industrial assembly regime in the car industry.

Key words: foreign direct investment stocks, federal sectoral policy, the capital status of Moscow, offshore assets, production sharing agreements, oil and gas sector, metal industry, car industry.

Acknowledgments. This work was financially supported by the Russian Scientific Foundation, (project N 14-28-00097 «Optimization of Russian External Investment Relations in Conditions of Deterioration of Relations with the EU» for the Institute of the World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences).

REFERENCES

- Abdulkadyrov A.A., Yefimova D.V., Dolgacheva E.I. Soglasenie o razdele produktsii: tekushchee sostoyanie i perspektivy razvitiya v neftegazovom sektore Rossii [Production sharing agreement: current status and prospects for oil and gas sector Russia], Jekonomika i predprinimatel'stvo, 2014, no 11–2, pp. 249–253 (in Russian).
- Ageyeva S.D., Mishura A.V. Regional'naja neravnomernost' razvitiya bankovskikh institutov [Regional development disparity of banking institutions], Region: jekonomika i sociologija, 2016, no 1, pp. 34–61 (in Russian).
- Gladkiy Y. Rol' renty stolichnogo statusa v usilenii mezhregional'nogo neravenstva [The role of rent capital status in enhancing interregional inequality], Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, no 10, pp. 106–115 (in Russian).
- Korzhubayev A.G., Eder L.V. Rol' inostrannykh investitsij v nef'tjanoy i gazovoy promyshlennosti Rossii [Foreign investments role in oil and gas industries of Russia], Problemy jekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom, 2010, no 12, pp. 10–15 (in Russian).
- Kuznetsov A.V. Internacionalizacija rossijskoj jekonomiki: Investicionnyj aspekt [Internationalization of Russian economy: Investment aspect], Moscow, KomKniga, 2007, 288 p. (in Russian).
- Lebedev K.K., Pankratova D.A. Jevoljucija rezhimov promyshlennoj sborki – odno iz uslovij dal'nejshej modernizacii i razvitiya avtomobil'noj promyshlennosti Rossii [Strategy of modernization and development of Russia's motorcar industry: the elements and conditions for further evolution], Jekonomicheskaja nauka sovremennoj Rossii, 2011, no 3, pp. 121–134 (in Russian).
- Moskvitina N.A., Nosova A.N., Romanova E.R. Kaluzhskaja oblast' i Bavarija: sravnitel'nyj analiz institucional'nykh faktorov regional'nogo razvitiya [The Kaluga oblast and Bavaria: comparative

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Economics, Professor of the RAS; e-mail: kuznetsova_olga@mail.ru

analysis of the institutional factors of regional development], Vestnik Moskovskogo Universiteta, seria 5, Geografiya, 2015, no 4, pp. 81–88 (in Russian).

Smirnjagin L.V. Ocenka regional'nyh posledstvij dejatel'nosti federal'nogo pravitel'stva (regional'naja jekspertiza) [Assessment of regional effects of the federal government activities (regional expertise)], Regional'naja politika, napravlennaja na sokrashhenie jekonomicheskoy i pravovoj asimmetrii [Regional policy aimed at

reducing economic and legal asymmetry], Moscow, TACIS, 1999 (in Russian).

Vityutina T.A., Pirogova T.E. Privlechenie inostrannyh investicij v avtomobil'nuju promyshlennost' Rossii [Attracting foreign investment in Russian car industry], Finansovyj zhurnal, 2011, no 3, pp. 47–68 (in Russian).

Zubarevich N.V. Renta stolichnogo statusa [Moscow as a rentier city], Pro et contra, 2012, no 6, pp. 6–18 (in Russian).

Received 10.05.2016

Accepted 02.06.2016

УДК 911.3:338.4

Г.И. Гладкевич¹

РЕСУРСОЕМКОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ В СРАВНЕНИИ С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ²

Переход к модели устойчивого развития подразумевает качественное улучшение производства на базе ресурсосберегающих технологий. По параметрам удельной ресурсоемкости промышленного производства можно оценивать эффективность экономик разных стран и принимать соответствующие решения.

Вычисление объема потребления ресурсов по отдельным странам для их последующего сравнения затруднено из-за несопоставимости натуральных показателей в связи с их несоразмерностью. Необходим универсальный метод, опирающийся на достоверные расчеты. В представленной модели эта проблема решается благодаря использованию элементов метода ПАТТЕРН и квалиметрии.

Сопоставление удельной ресурсоемкости основных промышленных производств с уровнем развития экономики каждой страны в целом позволило выделить соответствующие контрастные типы стран: от наукоемких стран с низкой удельной ресурсоемкостью – к странам с нересурсоемкой промышленностью и высоким уровнем развития и до стран с наиболее высокой удельной ресурсоемкостью промышленности и низким уровнем развития.

Разработанный автором метод оценки ресурсоемкости промышленности может быть востребован при экспертной сравнительной оценке эффективности экономик разных стран.

Ключевые слова: оценочные исследования, общая и удельная ресурсоемкость промышленного производства стран мира, параметры ресурсоемкости, метод ПАТТЕРН, квалиметрия, сравнение стран мира по параметрам ресурсоемкости их промышленного производства, типы стран мира.

Введение. Индустриально развитые страны постепенно реализуют модель устойчивого развития, основанную, по Д. Медоузу, на идее ограничения материального роста. На смену количественному понятию «увеличение в размерах вследствие поглощения или прироста материалов» приходит расширение или реализация потенциальных возможностей за счет «качественного улучшения своего состояния». Количественный рост и развитие подчиняются разным законам. «Рост помогает решить некоторые проблемы, но при этом возникают другие» [Медоуз, 2007]. Развитие – процесс закономерного перехода в более совершенное состояние, синоним прогресса. Ускоренное развитие ассоциируется с понятием «эффективность развития». Применительно к промышленности эффективность какого-либо вида производства напрямую зависит от объема сырья, потребляемого на единицу продукции, топлива и других материалов, так называемой ресурсоемкости. Этот показатель в экономической литературе называют важным индикатором эффективности экономики [Велихов, 2010; Размещение..., 2003].

За последние десятилетия промышленно развитые страны достигли успехов в ресурсосбережении и снизили уровень загрязнения окружающей среды [Бушуев, 2012; Цибульский, 2012, 2013]. Однако российская экономика остается одной из самых ресурсоемких [Мельник, 2010]. Так, потребление энергии на душу населения в 2013 г. составляло 5093 кг

в кг нефтяного эквивалента (в Японии – 3570, в Германии – 3868) [Эффективность..., 2015; The World..., 2015]. Глубина переработки нефтяного сырья по данным за 2014 г. в России составляла 72,4% (в США свыше 90%, а на лучших заводах 98%) [Эффективность..., 2015]. Производство бумаги и картона в расчете на 1000 м³ необработанной древесины составляет 66,1 т, т.е. в 3–4 раза меньше, чем в развитых странах [Научно-техническое..., 2015]. Удельное водопотребление на единицу ВВП составляет в Швеции 0,012 м³ в год, в Великобритании – 0,007 м³, а в России – более 0,3 м³ [Думнов, 2010].

Ресурсоемкость может быть определена как отношение количества использованных ресурсов (в натуральном или денежном выражении) к количеству произведенной продукции (в натуральном или денежном выражении) хозяйственного комплекса, отрасли, экономики региона, страны или предприятия [Бардовский, 2011; Экономика, 2002].

Составляющие ресурсоемкости представлены такими показателями, как энергоемкость, материалоемкость, водоемкость, металлоемкость и др. При отраслевом подходе ресурсоемкость измеряется в физических единицах или в денежном выражении, или в процентах в общих издержках производства продукции. Перерасход, недостаток и излишки материальных ресурсов приводят к снижению эффективности их использования [Климова, 2014, с. 148–151; Шеремет, 2011, с. 162–177]. При сопоставле-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: dolph-glad@mail.ru

² Метод апробирован автором при составлении карты «Ресурсоемкость основных промышленных производств РФ в сравнении с ведущими аналогами России и отдельных стран» // Экологический атлас России: новый проект // Гл. ред. Н.С. Касимов, Т.В. Котова, В.С. Тикунов (в печати).

нии стран используются модифицированные показатели ресурсоемкости – расход природных ресурсов на душу населения [Райзберг и др., 1999]. Общая ресурсоемкость экономик стран зависит в первую очередь от масштабов промышленного производства, которым определяется количество изымаемого из природы вещества и энергии. Удельная ресурсоемкость промышленного производства (УР) – количество ресурсов, используемых для производства единицы конечной промышленной продукции, характеризует эффективность промышленного производства.

Обобщенное понятие о ресурсоемкости промышленной продукции дают показатели, выраженные в стоимостной форме, которые определяются как по производимой предприятием или отраслью продукции в целом, так и по ее отдельным видам. Однако ресурсопотребление, выраженное в стоимости, может исказить динамику параметров из-за колебания цен. По аналогии с широко используемой оценкой энергоемкости, основанной на приведении разнородных натуральных показателей топлива к единому интегральному показателю с помощью их пересчета в нефтяном (или угольном) эквиваленте, или BOE/D (barrels of oil equivalent per day), должен быть и показатель, выражающий суммарное ресурсопотребление промышленного производства, а затем и удельное, причем в сопоставимых единицах. Автором сделана попытка обосновать такой метод. Экономике многих стран являются ресурсоемкими из-за высокой материалоемкости или водоемкости, при этом они не «главенствуют» в потреблении энергетических ресурсов, но также нуждаются в оценке и сопоставлении с теми аналогами, опыт которых может быть принят.

Сравнение России с индустриально развитыми странами проводится по ресурсоемкости промыш-



Рис. 1. Модель оценки как этап реализации стратегии роста эффективности производства

Fig. 1. Model of the evaluation as a stage of realization of the strategy for the growth of production efficiency

ленности в связи с тем, что эта отрасль главная, определяющая развитие и экологичность всей экономики. Так, на долю промышленности в мировой экономике приходится около 35%, при этом она потребляет 47,4% от суммарного потребления всех видов энергии (в России 37% и 44,5% соответственно, без электроэнергетики) [Эффективность..., 2015].

Материалы и методы исследований. Оценочные исследования, опирающиеся на универсальные методы и позволяющие получить достоверные расчеты, предваряют выработку стратегических решений по снижению ресурсоемкости экономики в целом и промышленности в частности (рис. 1).

Таблица 1

Страны-лидеры по потреблению отдельных видов природного сырья

Страна	Вп первичной энергии в промышленности, тыс. т н.э., по [1]	Страна	Вп воды в промышленности, км ³ /год, по [2]	Страна	Вп железной руды, млн т, по [3]
Китай	809566	США	219,4	Китай	740,0
США	248349	Китай	143,0	Япония	136,0
Индия	168010	Россия	48,3	Россия	100,0
Россия	144059	Индия	32,3	Индия	79,0
Япония	81789	Канада	30,8	Бразилия	64,0
Канада	58981	Германия	25,8	Украина	59,0
Страна	Вп деловой древесины, тыс. м ³ , по [4]	Страна	Вп топлива и руд, млн долл. США, по [5]	Страна	Эмиссия CO ₂ , в метрических тоннах углерода в год, по [6]
США	278128	Россия	397708	Китай	1783029
Китай	187489	Саудовская Аравия	327120	США	1591756
Россия	162427	ОАЭ	200400	Индия	439695
Бразилия	146899	Австралия	164255	Россия	419241
Канада	145974	Китай	146592	Япония	342117
Швеция	69627	Великобритания	119150	Германия	214872

Примечания. Вп – объем потребления; н.э. – нефтяной эквивалент; 1 – [Объем... энергии..., 2015]; 2 – [Объем... воды..., 2015]; 3 – [Объем... железных дорог..., 2015]; 4, 5 – [Хохлов, 2016]; 6 – [The World..., 2015].

По объему произведенной продукции промышленности Россия занимает 5-е место в мире, уступая Китаю (ему принадлежит 1-е место) в 5,3 раза, США – в 4,6 раза, Германии и Японии – примерно в 1,5 раза (рис. 2).

объеме потребления промышленностью первичной энергии составляет только 1,72 раза (против 4,6 раза в объеме промышленной продукции), что говорит о гораздо более высокой энергоемкости производства (табл. 1).

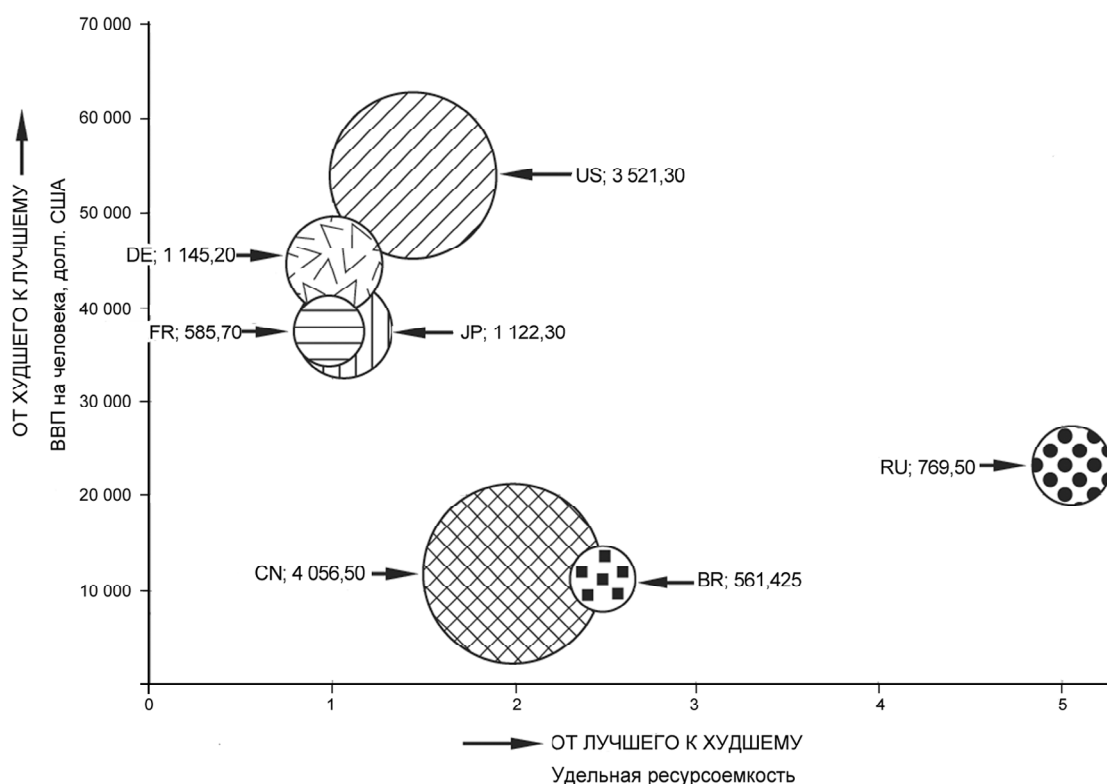


Рис. 2. Крупнейшие по объему промышленного производства страны мира, млрд долл. США, по [Эффективность..., 2015]. Буквенные обозначения стран в табл. 7

Fig. 2. Countries of the world with the largest industrial production, billion US\$, after [Effectivnost..., 2015]. The ISO codes of the countries – see Table 7

Страны с максимальным вкладом в мировой объем промышленной продукции – лидеры и по суммарному потреблению ресурсов, и по многим их видам. Россия по всем показателям входит в три-четыре мировых лидера по названным параметрам (вместе с Китаем, США, Индией, Японией, Бразилией и др.). Для сравнения – разрыв между США и Россией в

На энергоемкость российской промышленности влияет ее отраслевая структура, в которой почти половина (49%) валовой стоимости приходится на те виды деятельности, которые характеризуются наиболее высокими энергетическими затратами на одного занятого [Гладкевич, 2004]. Только добыча полезных ископаемых (без производства и распре-

деления электроэнергии, газа и воды) – это 37,3% промышленного производства России, и в этой отрасли потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в РФ составляет 63,9 тут, при среднем по экономике страны 12,8 тут (табл. 2).

В структуре потребления первичных энергоресурсов во многих странах мира быстро растет доля альтернативных источников энергии. Наибольших результатов добились Германия и Испания, где эти показатели составили 10,2 и 12,1% соответственно, а в производстве электроэнергии даже больше – 20,7 и 23,6% соответственно. В России альтернативные источники энергии не играют в настоящее время хоть сколь-либо заметной роли (табл. 3).

Таблица 2

Потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в экономике России по видам экономической деятельности, тонн условного топлива (тут)

№ п/п	Вид экономической деятельности	2012	2013
	Всего в экономике страны, в том числе:	13,0	12,8
1	Добыча полезных ископаемых	62,9	63,9
2	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	30,1	28,9
3	Обрабатывающие производства	29,0	28,9
4	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	2,9	2,4
5	Рыболовство, рыбоводство	8,3	7,9
6	Транспорт и связь	21,0	20,5
7	Строительство	2,2	2,3
8	Прочие виды деятельности	8,8	8,5

Составлено по [Эффективность..., 2015].

Таблица 3

Примеры структуры потребления первичных энергоресурсов в некоторых странах мира и России

Страны	Нефть	Газ	Уголь	АЭС	ГЭС	АИЭ*	Доля электроэнергии, произведенной на базе АИЭ* от суммарного производства
Мир	32,3	24,3	29,8	4,4	6,7	2,4	5,0
Россия	20,1	57,4	11,6	5,6	5,3	0,02	0,3
Германия	35,9	20,5	24,9	7,1	1,5	10,2	20,7
Испания	44,7	17,8	9,0	9,7	6,7	12,1	23,6
США	35,8	31,4	19,4	8,1	2,5	2,8	5,7
Китай	17,5	5,6	66,0	1,0	8,1	1,8	3,1

Примечания. Составлено по [Хохлов, 2016, с. 40]; *альтернативные источники энергии.

Рассмотрим построение возможной модели оценки ресурсоемкости промышленного производства России на фоне всех стран мира. Воспользуемся матричным способом отображения оценочных параметров с последующим квалиметрическим взвешиванием значимости каждого из них. Пошаговые расчеты представлены на рис. 3.

Число строк матрицы равно числу оцениваемых стран. Расчеты выполнены для 228 стран, включая островные государства (46 стран Европы, 52 – Азии, 51 – Америки, 65 – Африки, 14 – Австралии и Океании). Число столбцов в матрице равно числу параметров, характеризующих моделируемое многомерное явление и производных от них, и оно может меняться (табл. 4).

Так как ресурсоемкость – показатель, отражающий величину изымаемого из природы вещества и энергии, измеряемой количеством ресурсов, которые используются для производства единицы конечной продукции, то в расчеты включена эмиссия CO_2 , она рассматривается как часть интегрального показателя ресурсоемкости экономики, так как отражает размер изымаемого из природы вещества и

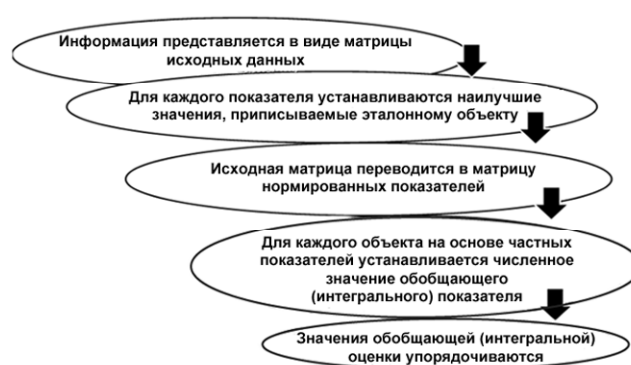


Рис. 3. Файлы алгоритма рейтинговой оценки

Fig. 3. Files of the rating algorithm

энергии, уменьшая (потребляя) ресурс очищающей способности атмосферы.

Проблема несопоставимости показателей, связанная с разными единицами их измерения, не позволяющая суммировать их для получения интегральной оценки, решена в данном случае благодаря применению логики метода ПАТТЕРН, объясняющей репрезентативность сложения любого количества долей от максимальной величины (рис. 4).

При этом вычисления имеют реальный экономический смысл, так как они выражают уровень обобщающей оценки явления в процентах к наилучшим значениям, интегрированным в средневзвешенной величине из частных оценок. Затем полученные индексы «взвешиваются» с помощью полученных экспертным методом квалиметрических коэффициентов [Азгальдов, 1982]. Вес каждому параметру дают эксперты (табл. 5). Сумма весов квалиметрических коэффициентов должна быть равна единице.

Результаты использования указанного метода при рейтинговой оценке с применением квали-

Таблица 4

Параметры оценки ресурсоемкости промышленного производства стран мира

№ п/п	Параметры оценки
1	Объем промышленной продукции, млрд долл США
2.1	Объем потребления первичной энергии в промышленности, тыс. т н.э.
2.2	Доля от максимального значения, принятого за единицу
2.3	«Взвешивание» параметра коэффициентом значимости величины
3.1	Объем потребления воды промышленностью, км ³ /год (далее 3.2 и 3.3)*
4.1	Потребление железных руд, млн тонн (далее 4.2. и 4.3)
5.1	Потребление деловой древесины, тыс. м ³ (далее 5.2 и 5.3)
6.1	Объем экспорта топлива, руд и металлов, млн долл (далее 6.2 и 6.3)
7.1	Эмиссия CO_2 , в метрических тоннах углерода в год (далее 7.2 и 7.3)
8	Ранг страны мира по общей (абсолютной) ресурсоемкости промышленного производства, в усл. ед.
9	Ранг страны мира по удельной ресурсоемкости промышленного производства, в усл. ед.

*3.2 и 3.3 – аналогично 2.2 и 2.3 и т.д.

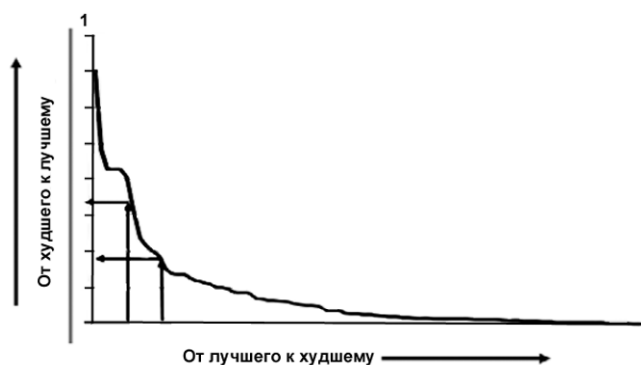


Рис. 4. Расположение объектов по рангу в долях единицы, по [Царев, 2008]

Fig. 4. Ranking of the objects in unit fractions, after [Khokhlov, 2016] [Tsarev, 2008]

метрических весов существенно объективнее по сравнению с устаревшими и распространенными до сих пор балльными оценками, когда получаемые значения субъективно завышаются или, наоборот, занижаются.

публика Корея; в Америке (после США и Канады) – Венесуэла и Мексика; в Африке – ЮАР и Нигерия (табл. 6).

Эффективность развития промышленности страны находится в обратном соотношении с показателем удельной ресурсоемкости. Сравнение стран по удельной ресурсоемкости их промышленного производства и уровню ВВП на душу населения позволяет представить их развернутую типологию (рис. 5, табл. 7).

К первому типу отнесены страны с самой высокой удельной ресурсоемкостью промышленного производства. Это КНДР (12,08 в усл. ед.), что связано прежде всего с преобладанием в структуре промышленности материалоемких и топливеемких отраслей, а также их технологической отсталостью. К этому же рангу относится Ирак (10,94) – страна, развивающая экономику на базе нефтедобычи. Однотипны Ираку (при этом виды добываемых топливных ресурсов могут различаться и включать не только нефть, но и природный газ или уголь, или урановые руды) – Бахрейн, Иран, Экваториальная Гвинея, Венесуэла, Туркменистан, Узбекистан, Оман,

Таблица 5

Средние значения квалиметрических коэффициентов параметров оценки ресурсоемкости промышленности стран мира (обобщено по опросу экспертов*)

Потребление первичной энергии, тыс. т н.э.	Потребление воды, км ³ /год	Потребление железных руд, млн т	Потребление деловой древесины, тыс. м ³	Объем экспорта топлива, руд и металлов, млн долл.	Эмиссии CO ₂ , в метрических тоннах углерода в год
0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1

* Среди 12 экспертов – ученые из МГУ имени М.В. Ломоносова, Тверского ГУ, Харьковского НУ имени В.Н. Каразина, специалисты из ПАО «Газпром», ГК «Росатом» и др.

Как следует из данных табл. 5, наибольшее весовое значение с точки зрения влияния на ресурсоемкость промышленного производства, по мнению экспертов, получил первый параметр – потребление первичной энергии.

Полученная сумма произведений дает оценку общей ресурсоемкости промышленности в сопоставимых условных единицах, а частное от деления этого числа на объем промышленной продукции, произведенной в данной стране (для сопоставимости отдельных стран в долл. США), позволяет получить достоверную сравнительную экспертную оценку удельной ресурсоемкости промышленного производства всех стран мира, выраженную в условных единицах на единицу произведенной в каждой стране промышленной продукции.

Результаты исследований и их обсуждение. По абсолютной ресурсоемкости промышленности Россия занимает 3-е место в мире (выше только Китай – абсолютный лидер с большим отрывом от других стран, а также США), затем следуют Индия, Канада, Саудовская Аравия, Япония, Германия, ОАЭ, Австралия, Великобритания, Индонезия и т.д.

В Европе, после России, лидируют Германия и Великобритания; в Азии (после Китая) – Индия, Саудовская Аравия, Япония, ОАЭ, Индонезия и Рес-

Бруней, Нигерия, ЮАР и др. Эти страны характеризуются наиболее высокой удельной ресурсоемкостью, но имеют разный уровень развития (в данном случае оцениваемый по ВВП на душу населения). Характерно, что Кувейт, ОАЭ, Саудовская Аравия и другие крупные страны и по добыче, и по объему экспорта топлива имеют в 3 раза более низкую удельную ресурсоемкость, чем Ирак, но при этом по ВВП на душу населения превышают Ирак в 2,5–4 раза.

Высокую удельную ресурсоемкость имеют страны, промышленность которых построена на добыче и экспорте металлических руд и продукции, выпускаемой на базе их использования (при слабом развитии других отраслей доля ресурсоемких отраслей еще более возрастает). К этим странам относятся Украина (8,66), Казахстан (6,26), Мозамбик (7,65), Либерия, Новая Каледония, Монголия, Боливия, ДР Конго и др. В эту же группу попали крупные потребители древесины (Латвия, Литва) или воды (Молдавия).

Страны, имеющие ВВП на душу населения выше 80 тыс. долл. США (подтип 1 во всех типах – «страны с самым высоким в мире ВВП на душу населения»), не поместились на графике, это Люксембург (102 900), Лихтенштейн (89 400), Макао (88 700) и Бермуды (85 700). Все они, кроме Люк-

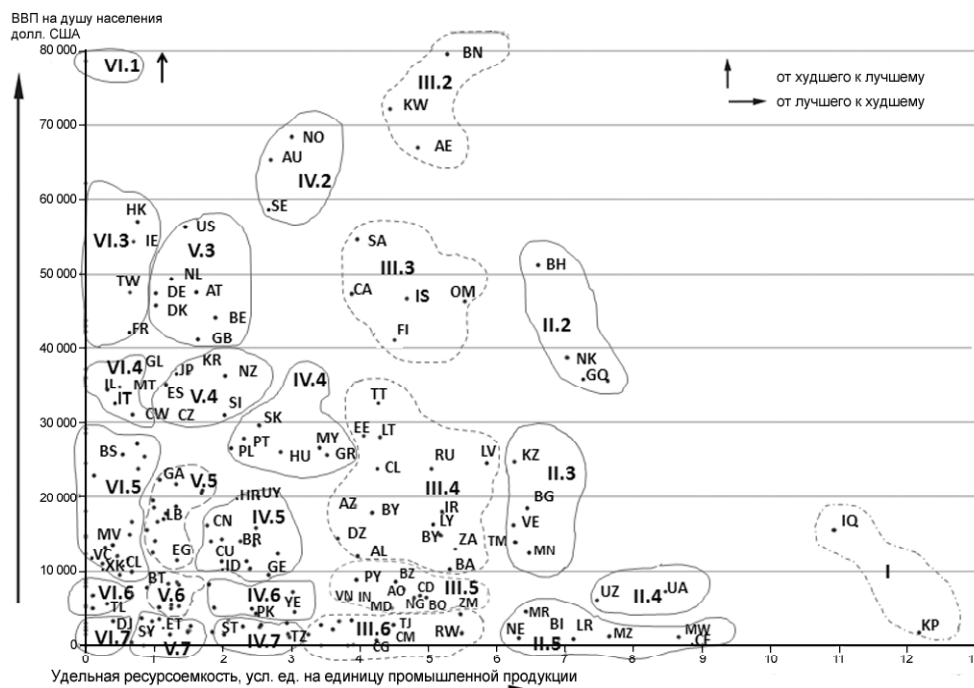


Рис. 5. Типология стран мира по удельной ресурсоемкости основных промышленных производств и уровню ВВП на душу населения. Страны показаны двухбуквенными кодами Международной организации по стандартизации (ISO), см. табл. 7. Страны с ВВП на душу населения выше 80 000 долл. США на рисунке не показаны, но представлены в табл. 7

Fig. 5. Typology of the countries according to the specific resource consumption of principal industrial facilities and the GNP per capita values. The ISO codes of the countries – see Table 7. Countries with the GNP per capita values above 80,000 US\$ are not shown on the figure, but included in Table 7

Таблица 6

Ресурсоемкость промышленного производства России в сравнении с другими странами мира
(ранг стран мира, в усл. ед.)*

Номер ранга	Страна	Ранг по общей ресурсоемкости	Удельная ресурсоемкость	Номер ранга	Страна	Ранг по удельной ресурсоемкости	Общая ресурсоемкость
1	Китай	8 063,07	1,99	1	КНДР	12,18	59,70
2	США	5 100,79	1,45	2	Ирак	10,94	475,38
3	Россия	3 843,38	5,05	3	ЦАР	8,95	2,78
4	Индия	1 793,21	3,85	4	Малави	8,66	6,06
5	Канада	1 782,22	3,83	5	Украина	8,66	414,77
6	Саудовская Аравия	1 782,14	3,96	6	Мозамбик	7,65	24,80
7	Япония	1 197,30	1,07	7	Узбекистан	7,64	113,89
8	Германия	1 169,94	1,02	8	Экваториальная Гвинея	7,22	67,62
9	ОАЭ	1 150,88	4,85	9	Либерия	7,12	1,42
10	Австралия	1 129,78	2,70	10	Новая Каледония	7,03	9,14
11	Великобритания	883,52	1,63	11	Бахрейн	6,61	105,17
12	Индонезия	787,47	1,98	12	Монголия	6,47	24,70
13	Республика Корея	753,42	1,50	13	Казахстан	6,26	525,48
14	Йемен	702,56	2,56	14	Венесуэла	6,25	618,75
15	Норвегия	626,86	3,00	15	Туркменистан	6,25	89,02
16	Венесуэла	618,75	6,25	16	Оман	5,53	296,65
17	Франция	575,52	0,98	17	ЮАР	5,26	454,39
18	Кувейт	573,46	4,45	18	Иран	5,21	595,72
19	ЮАР	454,39	5,26	19	Россия	5,05	3 843,38
20	Катар	553,59	3,91	20	Боливия	4,97	57,78
21	Казахстан	525,48	6,26	21	ДРК	4,88	60,99
22	Нигерия	550,60	4,80	22	ОАЭ	4,85	1 150,88
23	Ирак	475,38	10,94	23	Нигерия	4,80	550,60

*Приведены первые 23 страны. Рассчитано автором.

Таблица 7

Типология стран мира по ресурсоемкости основных промышленных производств. Россия в сравнении со всеми странами мира по удельной ресурсоемкости промышленного производства (в усл. ед. на единицу промышленной продукции и уровню ВВП на душу населения)

Тип, подтип	Название типа и объем ВВП на душу населения, долл. США	Удельная ресурсоемкость ПП, в усл. ед. на единицу промышленной продукции	Примеры стран
I	Сверхвысокая удельная ресурсоемкость	12–11	Ирак (IQ), КНДР (KP)
II	Наиболее высокая удельная ресурсоемкость	8,95–6,32	–
II.3	Высокий (51 200–33 300)	–	Экваториальная Гвинея (GQ), Новая Каледония (NC), Бахрейн (BH)
II.4	Средний (24 700–12 500)	–	Монголия (MN), Болгария (BG), Казахстан (KZ), Венесуэла (VE), Туркменистан (TM)
II.5	Низкий (8000–6100)	–	Украина (UA), Узбекистан (UZ)
II.6	Крайне низкий (4500–600)	–	ЦАР (CF), Малави (MW), Мозамбик (MZ), Либерия (LR), Бурунди (BI), Мавритания (MR), Нигер (NE)
III	Высокая удельная ресурсоемкость	5,85–3,44	–
III.1	Самый высокий (выше 80 000)	–	Катар (QA)
III.2	Очень высокий (79 700–67 000)	–	Бруней (BN), ОАЭ (AE), Кувейт (KW)
III.3	Высокий (54 600–41 200)	–	Оман (OM), Исландия (IS), Финляндия (FI), Саудовская Аравия (SA), Канада (CA)
III.4	Средний (32 200–10 200)	–	Латвия (LV), Босния и Герцеговина (BA), ЮАР (ZA), Иран (IR), Ливия (LY), Россия (RU), Чили (CL), Литва (LT), Тринидад и Тобаго (TT), Белоруссия (BY), Эстония (EE), Албания (AL), Азербайджан (AZ), Алжир (DZ)
III.5	Низкий (8800–5000)	–	Боливия (BO), ДРК (CD), Нигерия (NG), Ангола (AO), Белиз (BZ), Молдова (MD), Парагвай (PY), Индия (IN), Вьетнам (VN)
III.6	Крайне низкий (4300–800)	–	Руанда (RW), Замбия (ZM), Таджикистан (TJ), Гамбия (GM), Конго (CG), Киргизстан (KG), Камерун (CM), Зимбабве (ZW), Кот Д'Ивуар (CI), Папуа-Новая Гвинея (PG)
IV	Средняя удельная ресурсоемкость	3,51–2,12	–
IV.1	Самый высокий (выше 80 000)	–	Сингапур (SG0)
IV.2	Очень высокий (68 400–48 000)	–	Норвегия (NO), Швеция (SE), Австралия (AU)
IV.4	Выше среднего (29 500–25 600)	–	Греция (GR), Малайзия (MY), Венгрия (HU), Словакия (SK), Португалия (PT), Польша (PL)
IV.5	Средний (21 800–9500)	–	Перу (PE), Грузия (GE), Эквадор (EC), Бразилия (BR), Уругвай (UY), Сербия (RS), Куба (CU), Намибия (NA), Македония (MK), Хорватия (HR), Китай (CN), Индонезия (ID)

Окончание табл. 7

IV.6	Низкий (9800–4900)	–	Гайана (GY), Сирия (SY), Ямайка (JM), Пакистан (PK)
IV.7	Крайне низкий (4500–1300)	–	Гвинея-Бисау (GW), Судан (SD), Гвинея (GN), Мадагаскар (MG), Танзания (TZ), Уганда (UG), Йемен (YE), Непал (NP), Гана (GH), Сенегал (SN), Сан-Томе и Принсипи (ST), Сьерра-Леоне (SL)
V	Низкая удельная ресурсоемкость	1,91–0,82	–
V.1	Самый высокий (выше 80 000)	–	Люксембург (LU)
V.3	Высокий (56 300–41 200)	–	Бельгия (BE), Великобритания (GB), Австрия (AT), США (US), Нидерланды (NL), Германия (DE), Дания (DK)
V.4	Выше среднего (38 200–30 900)	–	Словения (SI), Чехия (CZ), Республика Корея (KR), Испания (ES), Япония (JP)
V.5	Средний (25 300–11 500)	–	Тунис (TN), Колумбия (CO), Таиланд (TH), Панама (PA), Румыния (RO), Черногория (ME), Турция (YR), Египет (EG), Габон (GA), Ливан (LB), Ботсвана (BW), Аргентина (AR), Суринам (SR), Нидерландские Антильские острова (AN), Мексика (MX), Иордания (JO), Маврикий (MU), Французская Гвиана (GF), Коста-Рика (CR), Аруба (AW)
V.6	Низкий (9410–5000)	–	Гондурас (HN), Армения (AM), Фиджи (FJ), Бутан (BT), Мьянма (MM), Марокко (MA), Лаос (LA), Никарагуа (NI), Сальвадор (SV), Сирия (SY), Филиппины (PH), Гватемала (GT), Косово (XK)
V.7	Крайне низкий (3600–1700)	–	Буркина-Фасо (BF), Эфиопия (ET), Вануату (VU), Бенин (BJ), Афганистан (AF), Мали (ML), Чад (TD), Того (TG), Камбоджа (KH), Кения (KE), Соломоновы острова (SB), Гаити (HT), Бангладеш (BD).
VI	Очень низкая удельная ресурсоемкость	0,80–0,...	–
VI.1	Самый высокий (выше 80 000)	–	Макао (MO), Лихтенштейн (LI), Бермуды (BM), Остров Мэн (IM), Монако (MC)
VI.3	Высокий (62 100–41 400)	–	Франция (FR), Гонконг (HK), Ирландия (IE), Тайвань (TW), Швейцария (CH), Сан-Марино (SM), Фолклендские о-ва (FK), Каймановы о-ва (KY), Гибралтар (GI), Виргинские о-ва (Великобритания) (VG)
VI.4	Выше среднего (37 900–29 100)	–	Италия (IT), Кипр (CW), Мальта (MT), Израиль (IL), Гренландия (GL), Андорра (AD), Виргинские о-ва (США) (VI), Сен-Пьер и Микелон (PM), Фареры (FO), Теркс и Кайкос (TC)
VI.5	Средний (28 500–9800)	–	Антигуа и Барбуда (AG), Сейшелы (SC), Барбадос (BB), Доминиканская Республика (DO), Доминика (DM), Шри-Ланка (LK), Багамы (BS), Сент-Люсия (LC), Мальдивы (MV), Гренада (GD), Сент-Винсент и Гренадины (VC), Сент-Китс и Невис (KN), Пуэрто-Рико (PR), Французская Полинезия (PF), Канарские о-ва (ES-CN), Маврикий (MU), Мадейра о-ва (PT-30), Науру (NR), Палау (PW), Мартиника (MQ), Кука о-ва (CK)
VI.6	Низкий (9410–5100)	–	Свазиленд (SZ), Косово (XK), Восточный Тимор (TL), Палестина (PS), Кабо-Верде (CV), Ангилья (AL), Монтсеррат (MS), Реюньон (RE), Гваделупа (GP), Тонга (TO), Самоа (WS)
VI.7	Крайне низкий (4500–400)	–	Сомали (SO), Джибути (DJ), Эритрея (ER), Коморы (KM), Маршалловы о-ва (?), Тувалу (TV), Маоре (YT), Лесото (LS), Тристан-да-Кунья (б/к), Вознесения о-ва (б/к), Западная Сахара (EH), Кирибати (KI), Соломоновы о-ва (SB)

сембурга, «нересурсные» страны, которые строят экономику на сфере услуг и имеют удельную ресурсоемкость на самом нижнем рассчитываемом уровне. Люксембург на их фоне характеризуется достаточно высокой удельной ресурсоемкостью (1,79 усл. ед.).

Основу его хозяйства до конца XX столетия составляла черная металлургия, базировавшаяся на разработке крупного месторождения, относящегося к обширному Лотарингскому бассейну. Однако в настоящее время 50% экономически активного населения здесь занято в сфере услуг, финансах и торговле.

Наибольший интерес представляют страны, отнесенные к IV типу «средняя удельная ресурсоемкость (3,51–2,12)» и подтипу 2 «очень высокий ВВП на душу населения». Это страны, характеризующиеся пониженной удельной ресурсоемкостью при очень большом суммарном их потреблении (Норвегия, Швеция, Австралия), что свидетельствует о высокой эффективности их промышленного производства.

Страны, относящиеся к подтипу 2 в типе V, имеют очень высокий (но не запредельный, как у стран подтипа 1) ВВП на душу населения (79 700–50 000 долл. США). Больше всего их в V типе («низкая удельная ресурсоемкость», 1,91–0,82 усл. ед.) и VI типе («очень низкая удельная ресурсоемкость»). Это в основном страны Европы (Бельгия, Великобритания, Австрия, Нидерланды, Испания, Германия, Дания, Словения, Чехия), а также США, Япония и Республика Корея. Близки к ним Италия, Франция, Ирландия, у которых удельная ресурсоемкость промышленного производства еще ниже. Самая высокая удельная ресурсоемкость среди названной группы стран у Бельгии (1,89), самая низкая (0,98) – у Франции. К началу XXI в. ключевыми отраслями экономики здесь стали фармацевтика, производство медицинского оборудования, информационные и мультимедиа-технологии, машиностроение, пищевая промышленность. Хотя вклад добывающей промышленности в ВВП остается существенным и составляет, например в Ирландии, около 3% ВВП страны (добыча цинка, свинца, серебра, барита, каменного угля и др.), эти страны могут быть эталоном эффективного использования ресурсов. Хотя вклад добывающей промышленности в ВВП остается существенным и составляет, например в Ирландии, около 3% ВВП страны (добыча цинка, свинца, серебра, барита, каменного угля и др.), эти страны могут быть эталоном эффективного использования ресурсов.

Тип VI представлен в основном странами, где высокие показатели ВВП на душу населения связаны не столько с современным уровнем развития промышленности и ее оптимальной структурой (т.е. с высокой долей наукоемких производств), но и с развитием высокодоходных «нересурсоемких» отраслей – туризм, сфера услуг, агросектор (Кипр, Мальта, Монако, Сан-Марино, Андорра и др.). Однако и здесь есть страны (или регионы этих стран),

характеризующиеся высокой эффективностью промышленного производства (удельная ресурсоемкость намного меньше единицы), факторы которой уже отмечены выше, а именно оптимальная структура с высокой долей наукоемких производств или высокий уровень развития сферы услуг (Швейцария, Тайвань, Гонконг, Израиль и др.).

Россия занимает по удельной ресурсоемкости промышленного производства 28-е место в мире (5,05 усл. ед.) и относится к типу III «высокая удельная ресурсоемкость (5,53–3,41)», подтипу III.4 «средний уровень ВВП на душу населения (32 200–10 200 долл. США)» (у России 23 700 долл. США). Среди стран, которые в ранге удельной ресурсоемкости опережают Россию, нет высокоразвитых стран мира. Почти все они характеризуются более низким показателем ВВП на душу населения, кроме четырех нефтедобывающих стран, известных очень высоким ВВП на душу населения (долл. США): Бруней (73 233), Бахрейн (51 714), Оман (39 681), а также Экваториальная Гвинея (32 266) – молодое по нефтедобыче государство.

В целом высокоразвитые страны при огромном суммарном потреблении ресурсов в промышленном производстве имеют, как правило, низкие (или пониженные) параметры удельной ресурсоемкости. Так, у Германии этот показатель равен 1,02, у Японии – 1,07. Характерно, что Китай (подтип IV.3) и США (подтип V.2), промышленность которых абсолютно лидирует по объему потребляемого природного сырья и материалов, имеют достаточно низкую (по сравнению с Россией) удельную ресурсоемкость – 1,99 и 1,45 соответственно. Таким образом, Россия, входя в число трех самых крупных по объему потребления ресурсов стран мира (Китай, США и Россия) и занимая 5-е место в мире (после Китая, США, Германии и Японии) по объему производимой промышленной продукции (рис. 1), характеризуется высокой удельной ресурсоемкостью промышленного производства и превышает по этому показателю Германию в 5 раз, Японию в 4,8, США в 3,5 и даже Китай в 2,5 раза, что свидетельствует о более низкой эффективности этой отрасли ее экономики по сравнению со многими странами мира.

Выводы:

– показатель ресурсоемкости – представительный индикатор устойчивого развития, отражающий как экономические, так и экологические его аспекты;

– в настоящее время в экономической литературе анализ и оценка ресурсоемкости производства представлены только отраслевыми исследованиями (за исключением энергоемкости), в основном узкозатратными подходами. Стоимостное выражение ресурсоемкости промышленности может искажать параметры оценки из-за колебания цен;

– предложенный метод матричной модели расчетов дает возможность получить объективную оценку ресурсоемкости промышленного производства разных стран на базе натуральных показателей в качестве индикаторов эффективности отрас-

ли (и экономики в целом для тех стран, где эта отрасль является определяющей);

– рейтинговая оценка с применением квалиметрических весов объективнее по сравнению с пространственными балльными оценками, когда получаемые значения субъективно завышаются или, наоборот, занижаются;

– разработанный метод применим даже при ограниченном объеме статистических данных и может быть полезен в экспертных оценках;

– выполненные расчеты позволили составить типологию стран мира по параметрам удельной ресурсоемкости промышленного производства и уровня развития их экономик (ВВП на душу населения). Россия находится среди стран мира с высокой ресурсоемкостью промышленности при среднем уровне ее развития;

– расчеты показали, что ресурсоемкость промышленного производства в России в 2,5 раза выше, чем в Китае, и почти в 3 раза выше, чем в США.

Классические высокоразвитые страны (Германия, Япония) характеризуются наиболее низкими параметрами удельной ресурсоемкости, в среднем в 5 раз меньшими, чем Россия. В отличие от индустриально развитых стран Запада, прошедших глубокую технологическую модернизацию, изменивших структуру промышленного производства в пользу наукоемких отраслей и существенно снизивших расход ресурсов на единицу продукции, российская промышленность – один из мировых лидеров по доле в ее структуре добывающих производств. К этому можно добавить, что более низкий уровень развития производственной базы, широкое использование устаревшего оборудования приводят к удорожанию продукции;

– предлагаемый метод оценочного исследования можно использовать при экспертных оценках для выработки решений по снижению ресурсоемкости российской промышленности и ее экономики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Азгальдов Г.Г.* Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). М.: Экономика, 1982. 256 с.
- Бардовский В.П., Рудакова О.В., Самородова Е.М.* Экономика. М.: ИД «ФОРУМ»; ИНФРА-М, 2011. 672 с.
- Бушуев В.В.* Энергетический характер устойчивого развития (идеология, методология, технология) // Энергетическая политика. 2012. № 2. С. 16–20.
- Велихов Е.П., Гагаринский А.Ю., Субботин С.А., Цибульский В.Ф.* Энергетика в экономике XXI века. М.: ИздАТ, 2010. 176 с.
- Гладкевич Г.И.* Трансформационные изменения в природопользовании. Раздел 3.3.2 // География социально-экономического развития. В 7-ми т. Т. V / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд. дом «Городец», 2004. С. 527–536.
- Думнов А.Д.* Водоемкость территории России и других стран: какова же реальность? // Бюлл. Использование и охрана природных ресурсов России. 2009. № 3(105). URL: <http://www.priroda.ru/reviews/detail.php?ID=9387> (дата обращения: 20.11.2015).
- Климова Н.В.* Экономический анализ (теория, задачи, тесты, деловые игры). М.: ИНФРА-М. 2014. 287 с.
- Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д.* Пределы роста. 30 лет спустя / Пер. с англ. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 342 с.
- Мельник А.Н.* Повышение энергетической эффективности производства как важнейшее направление развития отечественной экономики // Проблемы теории и практики управления. 2010. № 12. С. 8–12.
- Научно-техническое развитие в лесопромышленном комплексе. URL: <http://biofile.ru/bio/33848.html> (дата обращения: 08.04.2015).
- Объем потребления первичной энергии в промышленности, тыс. тонн НЭ. URL: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=44&pid=44&aid=2> (дата обращения: 08.04.2015).
- Объем потребления воды в промышленности, км³/год. Потребление воды в странах мира, 2011. URL: http://www.yestrael.ru/world/rating/geography/freshwater_withdrawal/ (дата обращения: 08.04.2015).
- Объем потребления железных руд, млн т. Информ.-аналит. центр «Минерал». URL: <http://www.mineral.ru/Facts/stat/124/206/index.html> (дата обращения: 08.04.15).
- Размещение производства в рыночной среде // Науч. тр. Б.Н. Зиминой / Сост. А.П. Горкин, Ю.Г. Липец. М.: Альфа-М, 2003. 176 с.
- Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.* Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 1999. 479 с.
- Хохлов А.В.* Справочные материалы по географии мирового хозяйства 2015. Вып. 2. М.: Консалтинговая компания «Влант», 2016.
- Царев В.В., Евстратов А.Ю.* Выбор наиболее конкурентоспособного кандидата на вакантную должность с помощью методов ПАТТЕРН и многомерной средней // Управление персоналом. 2008. № 20. С. 53–55.
- Цибульский В.Ф.* Энергопотребление, ВВП и энергоэффективность. Российский научный центр «Курчатовский институт», 2013. URL: http://energetika-restec.ru/netcat_files/userfiles/ (дата обращения: 07.04.2015).
- Цибульский В.Ф.* Энергоемкость мировой экономики. Доклад на II Азиатско-Тихоокеанском форуме «Энергетический масштаб устойчивого развития». Секция «Будущее атомной энергетики в АТР». 12 октября 2012 г. URL: <http://ecpol.ru/index.php/syuzhety/392-energoemkost-mirovoj> (дата обращения: 07.04.2015).
- Шеремет А.Д.* Теория экономического анализа. М.: ИНФРА-М, 2011. 352 с.
- Экономика / Под ред. А.С. Булатова. М.: ЮРИСТЪ, 2002. 896 с.
- Эффективность экономики России. Росстат, 2015. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency (дата обращения: 20.11.2015).
- The World Bank. World Development Indicators 2015. The world by region. World bank group Environment. URL: <http://www.worldbank.org/> (дата обращения: 08.04.2015).

Поступила в редакцию 27.05.2016
Принята к публикации 02.06.2016

G.I. Gladkevich¹

RESOURCE CONSUMPTION OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN RUSSIA AS COMPARED TO FOREIGN ANALOGUES²

The transition to sustainable development model includes the qualitative improvement of production on the basis of resource-saving technologies. The parameters of specific resource consumption of industrial production allow estimating the efficiency of different economies and making appropriate decisions.

Calculation of resource consumption for individual countries with the purpose of their further comparison is rather difficult because the physical indicators are incompatible as they are measured in different units. A universal method is necessary which should be based on reliable calculations. The suggested model deals with the problem by applying the elements of the qualimetry and the PATTERN method.

Correlation of the specific resource consumption of principal industrial facilities and the general level of economic development of each country made it possible to identify the contrasting types of countries, i.e. high-tech countries with low specific resource consumption, resource-efficient highly-developed countries through to the poorly-developed countries with the highest specific resource consumption.

The suggested method of the estimation of industrial resource consumption could become applicable for the comparative evaluation of the efficiency of different economies.

Key words: assessment studies, general and specific resource consumption of industrial production in different countries of the world, parameters of resource consumption, the PATTERN method, qualimetry, comparison of the countries according to the parameters of resource consumption of their industrial production, types of the countries of the world.

REFERENCES

- Azgal'dov G.G.* Teoriya i praktika ocenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Theory and practice of assessing the quality of goods (basics of qualimetry)], Moscow, Izd-vo «Ehkonomika», 1982, 256 p. (in Russian).
- Bardovskij V.P., Rudakova O.V., Samorodova E.M.* Ehkonomika [Economics]. Moscow, Izd-vo ID «FORUM»: INFRA-M, 2011, 672 p. (in Russian).
- Bushuev V.V.* Ehnergeticheskij harakter ustojchivogo razvitiya (ideologiya, metodologiya, tekhnologiya) [Energy sustainable development (ideology, methodology, technology)], Ehnergeticheskaya politika, 2012, no 2, pp. 16–20 (in Russian).
- Carev V.V., Evstratov A.Yu.* Vybór naibolee konkurento-sposobnogo kandidata na vakantnyu dolzhnost' s pomoshch'yu metodov PATTERN i mnogomernoj srednej [Choosing the most competitive candidate for the vacant position using the methods of PATTERN and multi-dimensional medium], Upravlenie personalom, 2008, no 20, pp. 53–55 (in Russian).
- Cibul'skij V.V.* Ehnergoemkost' mirovoj ehkonomiki [The energy intensity of the global economy]: Doklad na II Aziatsko-Tihookeanskom forumе «Ehnergeticheskij masshtab ustojchivogo razvitiya». Sekciya «Budushchee atomnoj ehnergetiki v ATR». 12 oktyabrya 2012 g. URL: <http://ecpol.ru/index.php/syuzhety/-392-energoemkost-mirovoj> (Accessed: 08.04.2015) (in Russian).
- Cibul'skij V.V.* Ehnergopotreblenie, VVP i ehnergoehffektivnost' [Energy Consumption, GDP and energy efficiency], Rossijskij nauchnyj centr «Kurchatovskij institute». URL: http://energetika-restec.ru/netcat_files/userfiles/energetika/archive/cibulsky.pdf (Accessed: 08.04.2015) (in Russian).
- Dumnov A.D.* Vodoemkost' territorii Rossii i drugih stran: kakova zhe real'nost'? [Hydroscopic Russia and other countries: what is reality?], Bull. «Iskol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov Rossii», no 3 (105). Moscow, 2009. URL: <http://www.priroda.ru/reviews/detail.php?ID=9387> (Accessed: 20.11.2015) (in Russian).
- Ehffektivnost' ehkonomiki Rossii [The efficiency of the Russian economy], Moscow, «Rosstat», 2015. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency (Accessed: 20.11.2015) (in Russian).
- Ehkonomika [Economy], Pod red. A.S. Bulatova, Moscow, Izd-vo «YURIST», 2002, 896 p. (in Russian).
- Gladkevich G.I.* Transformacionnye izmeneniya v prirodopol'zovanii. Razdel 3.3.2 «Geografiya social'no-ehkonomicheskogo razvitiya» [Transformational change in environmental management. 3.3.2/ The monograph «Geography of socio-economic development»], Vyp 7. T. V, Gl. red. N.S. Kasimov, Moscow, Izd. dom «Gorodec», 2004, pp. 527–536 (in Russian).
- Hohlov A.V.* Spravochnye materialy po geografii mirovogo hozyajstva – 2016 [Reference materials on the geography of the world economy in 2015], Vyp. 2. Moscow, Izd-vo Konsaltingovaya kompaniya «Vlant», 2016 (in Russian).
- Klimova N.V.* Ehkonomicheskij analiz (teoriya, zadachi, testy, delovye igry) [Economic analysis (theory, problems, tests, business games)], Moscow, Izd-vo «INFRA-M», 2014, 287 p. (in Russian).
- Medouz D., Randers J., Medouz D.* Predely rosta. Tridcat' let spustya [The limits to growth. Thirty years later], Moscow, Izd-vo IKC «Akademkniga», 2007, 342 p. (in Russian).
- Mel'nik A.N.* Povyshenie ehnergeticheskoy ehffektivnosti proizvodstva kak vazhnejshee napravlenie razvitiya otechestvennoj ehkonomiki [Improving energy efficiency of production as the most important direction of development of the domestic economy],

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Associate Professor, PhD. in Geography; e-mail: dolph-glad@mail.ru

² The procedure was applied by the author while elaborating a map Resource consumption of principal industrial facilities of the RF as compared to leading foreign analogues for the Environmental Atlas of Russia: New Project. Editors-in-Chief N.S. Kasimov, T.V. Kotova, V.S. Tikunov (in press).

Problemy teorii i praktiki upravleniya, 2010, no 12, pp. 8–12 (in Russian).

Nauchno-tekhnicheskoe razvitie v lesopromyshlennom komplekse [Scientific and technological development in the timber industry], URL: <http://biofile.ru/bio/33848.html> (Accessed: 08.04.2015) (in Russian).

Ob'em potrebleniya zheleznyh rud, mln top [Consumption of iron ore, million tons], Informacionno-analiticheskij centr «Mineral». URL: <http://www.mineral.ru/Facts/stat/124/206/index.html> (Accessed: 08.04.15) (in Russian).

Rajzberg B.A., Lozovskij L.Sh., Starodubceva E.B. Sovremennyy ehkonomicheskij slovar' [Modern economic dictionary], Moscow, Izd-vo «NFRA-M», 1999, 479 p. (in Russian).

Razmeshchenie proizvodstva v rynochnoj srede [Locating production in the market environment], Iz trudov B.N. Zimina, Sostavitel A.P. Gorkin, Yu.G. Lipec, Moscow, Izd-vo «Al'fa-M», 2003, 176 p. (in Russian).

Sheremet A.D. Teoriya ehkonomicheskogo analiza [Theory of economic analysis], Moscow, Izd-vo «NFRA-M», 2011, 352 p. (in Russian).

The volume of primary energy consumption in industry, thousand tons NE. URL: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=44&pid=44&aid=2> (Accessed: 08.04.2015).

The consumption of water in industry, km3/year. URL: http://www.yestravel.ru/world/rating/geography/freshwater_withdrawal/ (Accessed: 08.04.2015).

The World Bank. World Development Indicators 2015. The world by region. World bank group Environment. URL: <http://www.worldbank.org/> (Accessed: 08.04.2015).

Velihov E.P., Gagarinskij A.Yu., Subbotin S.A., Cibul'skij V.F. Epnergetika v ehnomike XXI veka [Energy in the economy of the XXI century], Moscow, Izd-vo «IzdAT», 2010, 176 p. (in Russian).

Received 27.05.2016

Accepted 02.06.2016

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 911.2:574.9

С.М. Малхазова¹, В.А. Миронова², П.В. Пестина³, Д.С. Орлов⁴

НОВЫЕ И ВОЗВРАЩАЮЩИЕСЯ ИНФЕКЦИИ В РОССИИ: МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Рассмотрена проблема новых и возвращающихся (эмерджентных) болезней на территории России. Определены наиболее актуальные для РФ природноочаговые эмерджентные болезни, проанализированы отечественные и зарубежные работы о них, рассмотрены существующие классификации и освещен круг причин возникновения таких болезней. На примере трех модельных инфекций (иксодовые клещевые боррелиозы, крымская геморрагическая и астраханская риккетсиозная лихорадка) выявлены особенности распространения болезней, относящихся к разным группам эмерджентных заболеваний с разным типом распространения и динамики, выполнено картографирование их нозоареалов в пределах Российской Федерации.

Ключевые слова: новые и возвращающиеся инфекции, эмерджентные болезни, природноочаговые инфекции, медико-географическое картографирование.

Введение. В конце прошлого века в различных частях земного шара возникли необычные проявления инфекционных болезней: регистрировались новые возбудители, ранее не отмечавшиеся среди населения, а некоторые давно известные болезни начали проявлять неожиданный рост заболеваемости и обнаруживать тенденцию к расширению нозоареалов. Такие болезни получили название новых и вновь возвращающихся, или эмерджентных (англ. *emerging and re-emerging*) инфекций. В 1990-х гг. этот новый феномен стали интенсивно изучать, и проблема была обозначена как одна из приоритетных для мирового здравоохранения. В настоящее время к новым и возвращающимся инфекциям относят болезни, которые недавно возникли среди населения либо существовали ранее, но существенно увеличили число заболеваний, либо появились в новом для них географическом регионе [Morse, 1996]. Многие новые и возвращающиеся болезни – природноочаговые зоонозы, которые длительное время существовали в природной среде среди носителей и переносчиков, но в силу разных причин появились среди людей [Jones et al., 2008].

В человеческом обществе во все времена появлялись различные инфекционные болезни, которые оказывались новыми или внезапно расширяли свой первоначальный нозоареал. Примерами возникновения таких болезней можно считать средневековую чуму в Европе, оспу и корь, занесенные в Новый Свет в ходе конкисты, эпидемию испанки в 1918 г., появление ВИЧ во второй половине XX в. В после-

дние десятилетия в связи с глобализацией процессов на планете проблему эмерджентных болезней стали рассматривать как одну из угроз человечеству [Львов, 2010; Morens, Fauci, 2013]. Локальные вспышки таких инфекций, как атипичная пневмония (SARS) и грипп H1N1 (получивший неофициальное название свиной), внезапное распространение известных, но ранее малораспространенных и в силу этого плохо изученных инфекций (например, вирус Зика), а также появление совершенно новых, неизвестных ранее возбудителей (например, вирус ближневосточного респираторного синдрома), ввели эту проблему в глобальную повестку дня.

В настоящее время к эмерджентным болезням относят более 100 нозоформ различной этиологии [National..., 2016]. По степени опасности их делят на три категории значимости в зависимости от потенциальной угрозы для населения, способности к распространению и тяжести течения. В связи с опасностью многих из этих инфекций к ним привлечено постоянное внимание санитарных служб и органов здравоохранения как на национальных уровнях, так и на международном. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) обозначила наиболее актуальные в мире эмерджентные болезни. В этот список вошли крымская геморрагическая лихорадка, лихорадки Эбола, Ласса и Марбург, атипичная пневмония, ближневосточный коронавирусный синдром, вирусная инфекция Нипах и лихорадка Рифт-Валли [World..., 2016].

Среди перечисленных тяжелых инфекций для Российской Федерации представляет угрозу крым-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, зав. кафедрой, докт. геогр. н.; *e-mail*: sveta_geo@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с.; *e-mail*: mironova.va@gmail.com

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, аспирантка; *e-mail*: polechka10@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, науч. с.; *e-mail*: orlovds@list.ru

ская геморрагическая лихорадка, очаги которой существуют на юге страны. Кроме того, особым явлением стала эпидемическая активность в конце XX в. ранее неизвестного в стране опасного заболевания – лихорадки Западного Нила, которая в последние годы стала распространяться на новые для нее территории. С конца XX в. в России приобрели актуальность некоторые инфекции, ранее либо считавшиеся редкими либо вовсе не встречавшиеся, – гранулоцитарный анаплазмоз, моноцитарный эрлихиоз, бабезиозы, астраханская риккетсиозная лихорадка и др. Кроме того, усилилась активность очагов давно известных болезней, таких, как клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, в силу чего их также относят к эмерджентным.

К приоритетным задачам в настоящее время относится медико-географическое исследование распространения эмерджентных болезней. Особый интерес для такого исследования представляют природноочаговые болезни, носители и переносчики которых являются неотъемлемой частью экосистем, в силу чего на их распространение существенно влияют природные факторы. Человек, заражающийся этими заболеваниями в природных очагах, также может играть в распространении этих болезней значительную роль во многом благодаря своей деятельности. Поэтому в первую очередь важно классифицировать все многообразие болезней в зависимости от факторов природной и социально-экономической среды. В связи с этим необходимо выявлять предпосылки возникновения и функционирования очагов этих болезней и выделять главные из них. Важная задача – анализ современной эпидемиологической ситуации, на основе которого можно определить круг приоритетных задач по борьбе с инфекциями и профилактических мероприятий.

На территории Российской Федерации представлены разные группы эмерджентных инфекций. Цель исследования – определение наиболее актуальных для России новых и возвращающихся природноочаговых болезней и выработка подходов к их географическому изучению. В задачи работы входил обзор литературы по указанной проблеме, рассмотрение классификаций эмерджентных болезней, обоснование выбора для анализа модельных болезней с разными типами распространения и динамики, картографирование их нозоареалов в России.

Материалы и методы исследований. Для решения первоочередных задач медико-географического исследования был проведен обзор литературы с целью рассмотрения существующих классификаций всего многообразия нозоформ и выявления факторов, влияющих на их распространение. Рамки статьи не позволяют привести полный литературный обзор, поэтому здесь использованы лишь те источники, которые дают возможность выявить модельные инфекции, относящиеся к разным категориям эмерджентных заболеваний. На основе анализа выбраны три актуальные нозоформы, принадлежащие к группе новых и возвращающихся инфекций, которые проявляют эпидемическую активность на протяже-

нии последних лет: иксодовые клещевые боррелиозы, крымская геморрагическая лихорадка и астраханская риккетсиозная лихорадка.

Для анализа современного распространения модельных инфекций построены карты. В основу карт положены статистические данные Роспотребнадзора о заболеваемости указанными выше инфекциями, а также литературные данные. Методика картографирования опробована авторами при подготовке карт заболеваемости природноочаговыми болезнями в России [Малхазова и др., 2011; Медико-географический атлас..., 2015]. Единицы картографирования – субъекты Российской Федерации. На картах отражена заболеваемость за 1997–2015 гг., рассчитанная как среднеегодовое число случаев на 100 000 человек. Для построения карты распространения иксодовых клещевых боррелиозов заболеваемость пересчитывали только на те части субъектов РФ, где отмечено наличие переносчиков; за северную границу нозоареала принята северная граница распространения таежного и лесного клещей в РФ [Коренберг и др., 2013].

Результаты исследований и их обсуждение. Как сказано выше, в настоящее время выделяется значительное число нозоформ, относящихся к новым и вновь возникающим болезням. Построение классификации для такого обширного перечня представляет сложную задачу в силу многообразия возбудителей, различий в экологии носителей и переносчиков, механизмах передачи, тяжести течения болезней. Анализ литературных данных показал, что при проведении классификации используются разнообразные подходы, например, по новизне возбудителя или болезни и их сочетанию [Хомяков и др., 2004], по путям выявления инфекции и степени новизны возбудителя и самой болезни [Шкарин, Ковалишена, 2012] и т.д.

Большинство исследователей делят эмерджентные болезни на две большие группы – вновь возникающие или вновь выявленные инфекции (*newly emerging*) и инфекции, существовавшие ранее, но в последнее время в силу разных причин обнаруживающие тенденцию к расширению нозоареала или увеличению заболеваемости населения (*re-emerging*). В последние годы некоторые исследователи стали выделять также третью группу – болезни, намеренно внедренные (в целях биотерроризма, разработки биологического оружия и т.п.) [Morens et al., 2004; Morens, Fauci, 2013].

К первой группе относятся, во-первых, болезни, перешедшие с животных на людей и приспособившиеся к передаче от человека к человеку (например, ВИЧ/СПИД); во-вторых, зоонозы, которыми человек заражается, но представляет собой для них экологический или биологический тупик (различные вирусные геморрагические лихорадки и пр.); в-третьих, болезни, вызываемые возбудителями, давно существовавшими в среде и считавшимися безопасными, но в результате деятельности человека получившими новую экологическую нишу и возможность распространения среди людей (например,

легионеллез); в-четвертых, болезни, вызываемые давно известными возбудителями человека, ныне сравнительно редкие, но приводящие к серьезным осложнениям (стрептококковые инфекции); в-пятых, хронические болезни, ранее не считавшиеся инфекционными, возбудители которых были недавно открыты (например, *Helicobacter pylori*, вызывающий язву желудка).

Ко второй группе относятся главным образом различные зоонозы и трансмиссивные болезни, новое распространение которых связывают с различными аспектами человеческой деятельности – миграциями, туризмом, использованием лечебных препаратов и инсектицидов, к которым у возбудителей и переносчиков вырабатывается устойчивость, и т.д. К этой же группе относятся так называемые оппортунистические (ВИЧ-ассоциированные) заболевания, вызываемые возбудителями, неопасными для здоровых людей, но у людей с иммунодефицитом вызывающие состояния, опасные для жизни.

Третья группа инфекций представляет собой самостоятельную проблему, нуждающуюся в отдельном исследовании.

При медико-географическом изучении эмерджентных болезней одна из наиболее важных проблем – выявление предпосылок их распространения. Факторы, влияющие на распространение, мало изучены и требуют внимания ученых. Некоторые исследователи считают основополагающими биологические и зоогеографические факторы в совокупности с социально-экономическими, способствующими распространению новых патогенов, а также их носителей и переносчиков [Ачкасова и др., 2012]. Особый интерес вызывает предполагаемая связь распространения эмерджентных болезней с глобальными изменениями окружающей среды, в первую очередь с изменениями климата [Greer, Fisman, 2008; Медико-географический атлас..., 2015; Semenza et al., 2016].

Важный фактор в распространении эмерджентных болезней – увеличение контакта населения с природными очагами. Расширение территорий, занятых садовыми участками, увлечение населения активным отдыхом, связанным с посещением дикой природы, а также освоение переносчиками новых биотопов, таких, как городские парки, приводит к увеличению уровня заболеваемости такими инфекциями, как клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, сибирский клещевой тиф и др. [Mogens et al., 2004; Медико-географический атлас..., 2015].

Отличительная черта современного распространения эмерджентных болезней заключается в увеличении доли городского населения среди зараженных лиц. В целом урбанизация рассматривается в качестве одного из основных движущих факторов появления и расширения ареалов этих инфекций [Neiderud, 2015]. Так, лихорадка Западного Нила, ранее считавшаяся преимущественно сельской болезнью, все чаще поражает горожан, что может быть связано не только с увеличением контакта го-

родского населения с природными очагами, но и с формированием городских очагов на живущих в городах птицах (голуби, врановые), легко вовлекающихся в передачу вируса, и синантропных видах комаров, активно размножающихся в многочисленных городских водоемах, подвалах домов и других местах выплода [Kilpatrick, 2011; Медико-географический атлас..., 2015].

Причины возникновения эмерджентных болезней объединяют в три группы явлений биологического, природного и социально-хозяйственного происхождения [Макаров и др., 2004]:

- появление новых патогенов или возникновение за счет генетических механизмов (мутация, рекомбинация, реассортация) таких вариантов известных возбудителей, которые приобретают эпидемическое распространение;

- изменения природной среды, которые влияют на количественное состояние резервуаров, переносчиков, видовой и популяционный состав компонентов паразитарных систем или размножение патогенных сапрофитов (в том числе антропогенное вмешательство или природные явления, последствия которых меняют экосистемы, например, создание различных водоемов, создающих условия для увеличения численности носителей и переносчиков болезней, необоснованные мероприятия по сохранению, культивированию или интродукции животных, меняющие их естественный видовой состав и биocenотическое равновесие);

- изменения условий ведения хозяйственной деятельности и животноводства, торговли, потребления, реализации продуктов, практики переработки продукции животного происхождения и т.д.

Все три выбранные актуальные для России модельные нозоформы – иксодовые клещевые боррелиозы, крымская геморрагическая лихорадка и астраханская риккетсиозная лихорадка – относятся к разным группам новых и возвращающихся инфекций.

Иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ) – группа инфекций, вызывающих у людей полисистемные поражения и отличающихся большим полиморфизмом клинических проявлений. Они относятся к болезням, существовавшим ранее, но в последнее время обнаруживающим тенденцию к увеличению заболеваемости населения. Эпидемиология и географические предпосылки ИКБ, несмотря на сравнительно недавнее их открытие, считаются достаточно хорошо изученными. Проблема ИКБ впервые обозначилась в середине 1970-х гг. после того, как в США была описана новая болезнь, названная болезнью Лайма по имени города, в окрестностях которого были выявлены первые случаи, а потом открыты ее возбудитель и переносчик. Позднее стало очевидно, что болезнь Лайма принадлежит к группе природноочаговых инфекций, вызываемых спирохетами рода *Borrelia* и передающихся иксодовыми клещами. В настоящее время болезни из группы ИКБ – самые распространенные трансмиссивные заболевания, передаваемые клещами, в России, Ев-

ропе и США, а в пределах России сосредоточена значительная часть их мирового ареала [Медико-географический атлас..., 2015].

Заболееваемость ИКБ регистрируется в России с 1992 г., однако очевидно, что они и до этого были широко распространены среди населения. Природные очаги ИКБ приурочены к лесной зоне от Прибалтики до Сахалина. Нозоформа зарегистрирована в 74 субъектах Российской Федерации (рис. 1), при этом наибольшее число случаев приходится на 15 субъектов РФ, расположенных в Прикамье, Предуралье, на Среднем Урале и юге Западной Сибири, где из года в год сохраняется высокий риск заражения. Среднегодовое количество случаев заболевания в наиболее пораженных регионах составляет от 25 до 45 случаев на 100 000 населения.

ИКБ экологически связаны с иксодовыми клещами, и их нозоареал обусловлен ареалами основных переносчиков – таежного и лесного клещей. Таежный клещ *Ixodes persulcatus* приурочен к различным вариантам тайги и хвойно-широколиственных лесов, а также к горнотаежным лесным массивам. В северных районах эти клещи встречаются только на наиболее дренированных и прогреваемых участках на плакорах или в крупных речных долинах. Южнее подзоны средней тайги таежный клещ распространен повсеместно в плакорных лесных биоценозах, за исключением переувлажненных участков. Лесной клещ *I. ricinus* распространен в умеренно гигрофильных и мезофильных биотопах равнинных и горных европейских лесов, в северной части ареала придерживается наиболее теплообеспеченных участков в осветленных лесах, а также вырубках и лесных опушках. Южнее границы широколиственных лесов клещ встречается в интразональных условиях – в речных долинах и понижениях рельефа, занятых древесно-кустарниковыми зарослями [Медико-географический атлас..., 2015]. ИКБ относят к эмерджентным инфекциям по той причине, что в последние десятилетия заболеваемость ими увеличивается, как увеличивается и число биотопов, где возможно заражение, в частности, за счет освоения клещами городских пространств – парков и скверов; иными словами, площадь очаговой территории и ее внутренняя структура изменяются. Характерная черта эпидемиологии ИКБ – все большая заболеваемость среди городских жителей, что связано как с проникновением клещей в города, так и с активным освоением горожанами пригородных зон (возделывание садово-огородных участков, рекреация) [Рудакова, 2007].

Для ИКБ характерна весенне-летняя сезонность, связанная с периодом активности клещей. В районах, где основным переносчиком служит *I. persulcatus*, пик заболеваемости приходится на весну и первую половину лета. В очагах, где преобладает *I. ricinus*, отмечаются два сезонных подъема: конец апреля – середина июня и конец августа – середина сентября, что связано с дополнительным периодом активности этого вида. В ряде районов страны в южной части нозоареала в степных био-

топах в передаче возбудителей боррелиозов участвует клещ *Dermacentor reticulatus*, с которым также связаны осенние случаи заболевания [Рудакова, 2007]. В Крыму и на Кавказе клещи могут оставаться активными в течение всего года, в связи с чем в течение всего года регистрируется и заболеваемость с максимумом в июне и октябре [Каримов и др., 2014].

Колебания заболеваемости в отдельные годы зависят от погодных условий, численности клещей и их основных прокормителей. Наибольшие колебания уровня заболеваемости характерны для подзоны южной тайги на европейской территории России и юге Западной Сибири. Юг лесной зоны в европейской России, юг Восточной Сибири, Забайкалье и Хабаровский край характеризуются тенденцией к повышению заболеваемости. На остальной территории страны в целом наблюдается довольно ровный ход показателя от года к году. Таким образом, ИКБ распространены на территории РФ достаточно равномерно, а природные очаги характеризуются устойчивостью, что отражено в ежегодно регистрируемой заболеваемости. Это связано, по-видимому, с высокой зараженностью иксодовых клещей боррелиями и значительной степенью контакта населения с природными очагами.

Крымская геморрагическая лихорадка (КГЛ) (или геморрагическая лихорадка Крым-Конго) – тяжелая природноочаговая острая вирусная инфекция человека. Так же, как ИКБ, она относится к заболеваниям, известным ранее, но в последнее время обнаруживающим тенденцию к расширению нозоареала и увеличению заболеваемости населения. Нозоареал КГЛ заходит на территорию России своей незначительной частью, но при этом наблюдается его неуклонное расширение и выявляются очаги на новых территориях. КГЛ приурочена к определенным ландшафтам: полупустынным и степным зонам, а также речным долинам, которые в основном используются для выпаса скота. Основными переносчиками и резервуарами вируса служат многие виды иксодовых клещей родов *Hyalomma*, *Dermacentor*, *Rhipicephalus*, *Amblyomma*, *Boophilus*, передающие вирус своему потомству трансвариально и трансфазово. В Крыму и Астраханской области главный переносчик – клещ *Hyalomma marginatum*, который предпочитает территории с низкой влажностью и хорошей теплообеспеченностью. В ареал этого клеща попадает юг России, страны Южной Европы, Центральная и Юго-Западная Азия, Северная Африка [Малеев и др., 2003]. Клещ является двуххозяинным: его нимфы паразитируют на птицах и мелких млекопитающих, а имаго – на крупных животных, в том числе на сельскохозяйственных [Lindeborg et al., 2012], что может иметь значение для формирования антропоургических очагов. В эндемичных районах заболеваемость носит сезонный характер и увеличивается в период сельскохозяйственных работ (в июне–августе); она зависит также от климатических факторов и активности нападающих на людей клещей.

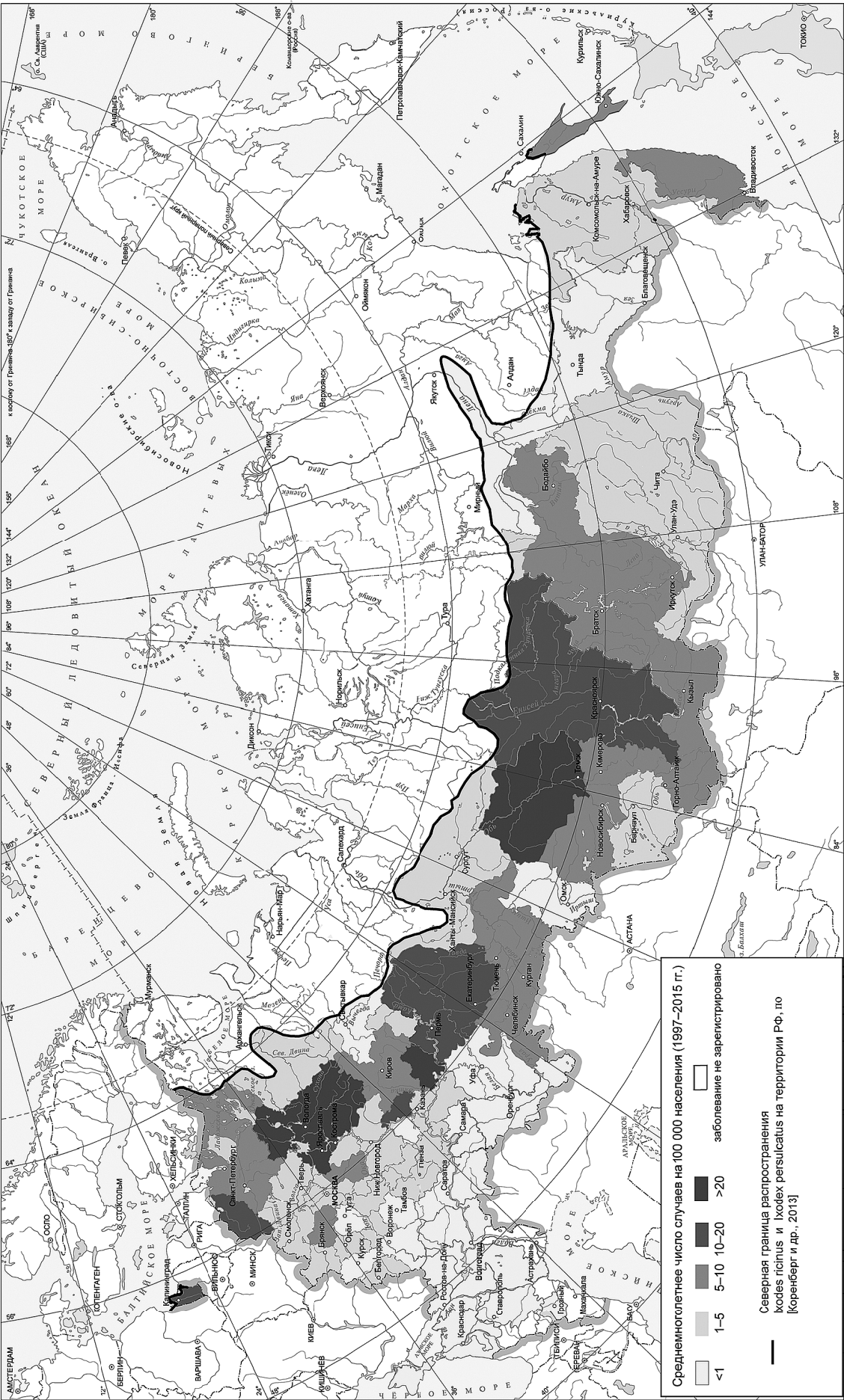


Рис. 1. Заболеваемость иксодовыми клещевыми боррелиозами на территории России

Fig. 1. Tick-borne borreliosis morbidity in Russia

Заболееваемость КГЛ спорадическая, вспышки возникают редко, но этому показателю свойственны периодические подъемы, причины которых не ясны. В России очаги КГЛ существуют в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (рис. 2). В последние годы наибольшее число случаев КГЛ отмечено в Ростовской области и Ставропольском крае. Помимо активизации очаговой территории, некоторое время назад произошло ее расширение на север (Волгоградская область), на юг (республики Северного Кавказа) и на восток (Республика Калмыкия, где в последние годы сохраняется довольно высокая заболееваемость). При этом на территории Крыма, где это заболевание было впервые выявлено, с 1967 г. случаи среди населения не наблюдаются, однако возбудитель лихорадки регулярно выделяется из различных животных и объектов среды. Предполагается, что, несмотря на проведение акарицидных обработок, из-за благоприятных климатических условий численность основного переносчика – клеща *H. marginatum*, будет повышаться, что может привести к росту заболееваемости людей [Волынкина и др., 2015].

тегории вновь возникших или вновь выявленных инфекций. На территории России регистрируется в Астраханской области и Республике Калмыкия, предполагаются очаги в Волгоградской области. По данным Роспотребнадзора, АРЛ является одной из пяти наиболее распространенных природно-очаговых болезней, передаваемых клещами [О состоянии..., 2015]. Это заболевание – классический пример совершенно новой инфекции. Ее изучение началось в 1978 г., когда в Красноярском районе Астраханской области было обнаружено новое заболевание [Тарасевич, 2002]. Долгое время АРЛ принимали за марсельскую (средиземноморскую) пятнистую лихорадку, которая вызывается *Rickettsia conorii* и передается собачьим клещом *R. sanguineus*. Только в 1991 г. было установлено, что возбудитель болезни – особый подвид *R. conorii subsp. caspiensis*, а переносчик, морфологически почти не отличающийся от собачьего клеща, имеет существенные отличия в экологии и распространении. Этот клещ составляет основную долю в иксодофауне Астраханской области,

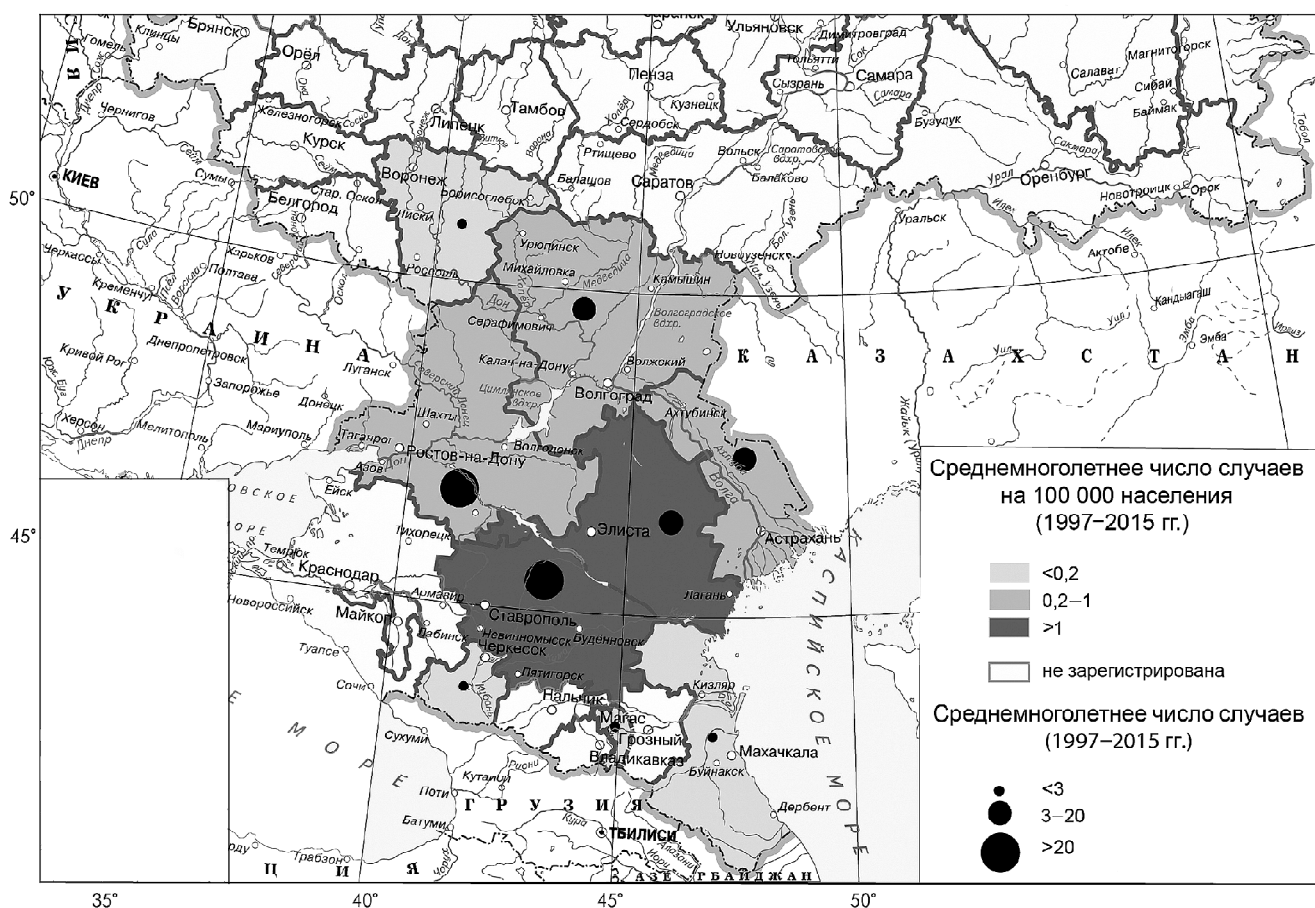


Рис. 2. Заболееваемость крымской геморрагической лихорадкой на территории России

Fig. 2. Crimean-Congo hemorrhagic fever morbidity in Russia

Астраханская риккетсиозная лихорадка (АРЛ), или астраханская пятнистая лихорадка, – острая инфекционная природноочаговая болезнь, вызываемая риккетсиями и передающаяся иксодовыми клещами *Rhipicephalus pumilio*. Она относится к ка-

присутствует в Калмыкии, южных районах Волгоградской области и восточных частях Ставропольского края [Углева и др., 2011].

Официальная регистрация случаев АРЛ в России началась в 2013 г. В 2013–2015 гг. было 1199

случаев АРЛ у людей, при этом подавляющее большинство случаев регистрируется в Астраханской области, а показатели заболеваемости увеличиваются из года в год. Болезни свойственна четкая сезонность, активизация эпидемиологического процесса происходит в период с апреля по октябрь, совпадающий с периодом активности клещей.

В пределах своего нозоареала болезнь распространена неравномерно. Основной природный фактор, влияющий на ее распространение, – наличие переносчика – клеща *Rh. pumilio*. Основными прокормителями клеща в дикой природе служат гребенщикова песчанка, ушастый еж, а также домашние и дворовые собаки. Важную роль играют социально-демографические факторы – численность населения и особенности расселения. Концентрация населения в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги в совокупности с наличием переносчиков и резервуарных животных приводит к наибольшим показателям заболеваемости в пойменных ландшафтах.

Устойчиво высокий уровень заболеваемости на протяжении многолетнего периода наблюдений отмечается в Красноярском, Наримановском и Приволжском районах Астраханской области, расположенных в южной части Волго-Ахтубинской поймы. В дельте Волги риск заражения ниже, но важным представляется тот факт, что ранее в этих районах болезнь не регистрировалась, и в конце 1990-х гг. они не рассматривались как территории с риском заражения. Отличительная черта распространения АРЛ – расширение очаговой территории на пустынные участки в окрестностях Астраханского газоконденсатного завода, т.е. за пределы районов, условия которых, как считалось ранее, были наиболее пригодными для существования переносчика. Этот феномен связывают с высокой экологической пластичностью клеща и расширением круга носителей (увеличение поголовья синантропных грызунов), что произошло в результате интенсивного хозяйственного использования территории. В ландшафтном отношении потенциально наиболее опасны пустынные, пойменные и дельтовые ландшафты нижней Волги. Выше по течению Волги риск заражения низкий или практически отсутствует.

Выводы:

– актуальная задача – медико-географический анализ новых и возвращающихся природноочаговых

болезней, выявление природных и социально-экономических факторов, влияющих на их распространение, и построение прогнозов развития эпидемиологической ситуации. Как показали данные анализа, на территории РФ встречаются разнообразные проявления новых и возвращающихся инфекций;

– болезни, которые существовали ранее, в последнее время обнаруживают тенденцию к увеличению заболеваемости населения, а также к расширению числа биотопов, где возможно заражение, в пределах относительно постоянного нозоареала (иксодовые клещевые боррелиозы). Заболеваемость такими болезнями, с одной стороны, демонстрирует высокую стабильность из года в год, а с другой – обнаруживает существенные изменения в своей структуре в связи с нарастающим вовлечением городских жителей;

– болезни, которые существовали ранее, в последнее время также обнаруживают тенденцию к расширению нозоареала и увеличению заболеваемости населения, например, крымская геморрагическая лихорадка. Распространение таких болезней ограничено ареалом переносчика; в пределах этой территории наблюдаются существенные колебания заболеваемости населения, новые очаги появляются там, где ранее эта болезнь не отмечалась, несмотря на наличие подходящих условий;

– болезни, вновь возникшие или вновь выявленные, в силу чего они являются слабо изученными, например, астраханская риккетсиозная лихорадка, показывают рост заболеваемостями населения, отмечающийся в пределах их нозоареала, что связано как с улучшением диагностики, так и с изменением условий среды, что обуславливает интенсификацию эпизоотического и эпидемического процессов;

– результаты медико-географического анализа актуальных новых и возвращающихся природноочаговых болезней позволяют наметить план дальнейших исследований с точки зрения выявления предпосылок распространения и оценки риска заражения людей для выработки рекомендаций по эпиднадзору за этими заболеваниями. Эти задачи могут быть решены путем использования как уже имеющегося аналитического материала (карты, результаты моделирования и т.д.), так и привлечения новых данных. Для их анализа необходимы полевые исследования, а также применение ГИС-технологий и других географических методов.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта РГО-РФФИ (проект № 15/2015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ачкасова Т.А., Цилько С.В., Думова Т.В., Ачкасова Ю.Н. Актуальность эмерджентных инфекций // Уч. зап. Таврического нац. университета имени В.И. Вернадского. Сер. Биология, химия. 2012. Т. 25(64), № 1. С. 21–28.

Волынкина А.С., Котенев Е.С., Лисицкая Я.В. и др. Крымская геморрагическая лихорадка в Российской Федерации в 2014 г., прогноз эпидемиологической обстановки на 2015 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2015. Вып. 1. С. 42–45.

Каримов И.З., Пеньковская Н.А., Горовенко М.В., Мидикари А.С. Эпидемиологические особенности болезни Лайма в Республике Крым в 2013 г. // Практик. медицина. 2014. Вып. 7(83). С. 104–107.

Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: Комментарий, 2013. 463 с.

Львов Д.К. Грипп и другие новые и возвращающиеся инфекции Северной Евразии. Глобальные последствия // Фе-

дер. справочник здравоохранения России. 2010. Вып. 11. С. 209–220.

Макаров В.В., Смирнов А.М., Сочнев В.В., Алиев А.А. Эмерджентность, чрезвычайные ситуации и зоонозы // Ветеринарная патология. 2004. № 3. С. 36–45.

Малеев В.В., Галимзянов Х.М., Бутенко А.М., Черенов И.В. Крымская геморрагическая лихорадка. М.; Астрахань: Изд-во АГМА, 2003. 120 с.

Малхазова С.М., Котова Т.В., Миронова В.А. и др. Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни»: концепция и первые результаты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 4. С. 16–23.

Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» / Под ред. С.М. Малхазовой. М.: географический факультет МГУ, 2015. 208 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. 206 с.

Рудакова С.Н. Иксодовые клещевые боррелиозы в сочтанных природных очагах Западной Сибири // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. 2007. № 7(55). Приложение. С. 151–155.

Тарасевич И.В. Астраханская пятнистая лихорадка. М.: Медицина, 2002. 176 с.

Углева С.В., Буркин А.В., Шабалина С.В. Современная эпидемиолого-энтомологическая оценка трансмиссивных лихорадок, доминирующих на территории Астраханской области // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2011. № 4(59). С. 5–11.

Хомяков Ю.Н., Хомякова Т.И., Северин С.Е. Угроза развития новых инфекционных болезней. Биобезопасность и молекулярные механизмы патогенеза // Вестн. НИИ молекулярной медицины. 2004. № 4. С. 6–24.

Шкарин В.В., Ковалишина О.В. Современная классификация новых инфекций: новый взгляд на «старую» проблему // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2012. № 4. С. 53–57.

Greer A., Ng V., Fisman D. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead // CMAJ. 2008. Vol. 178. P. 715–722 doi 10.1503/cmaj.081325.

Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A. et al. Global trends in emerging infectious diseases // Nature. 2008 Vol. 451(7181) P. 990–994 doi 10.1038/nature06536.

Kilpatrick A.M. Globalization, land use and the invasion of West Nile virus // Science. 2011. Vol. 334(6054). P. 323–327.

Lindeborg M., Barboutis C., Ehrenborg C. et al. Migratory birds, ticks, and Crimean-Congo hemorrhagic fever virus // Emerg. Infect. Dis. 2012. Vol. 12. P. 2095–2097.

Morens D.M., Fauci A.S. Emerging infectious diseases: Threats to human health and global stability // PLoS Pathog. 2013. URL: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1003467> (дата обращения: 24.06.2016).

Morens D.M., Folkers G.K., Fauci A.S. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases // Nature. 2004. Vol. 430(6996). P. 242–249.

Morse S. Factors in the emergence of infectious disease // Emerg. Infect. Dis. 1996. Vol. 1. P. 7–15.

National Institute of Allergy and Infectious Diseases (Национальный институт аллергии и инфекционных болезней). URL: <http://www.niaid.nih.gov/topics/emerging/Pages/Default.aspx> (дата обращения: 25.06.2016).

Neiderud C.J. How urbanization affects the epidemiology of emerging infectious diseases // Infection Ecology and Epidemiology. 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.3402/iee.v5.27060> (дата обращения: 19.06.2016).

Semenza J.C., Lindgren E., Balkanyi L. et al. Determinants and drivers of infectious disease threat events in Europe // Emerg. Inf. Dis. 2016. Vol. 22(4). P. 581–589.

World Health Organization (Всемирная организация здравоохранения). URL: <http://www.who.int/medicines/ebola-treatment/WHO-list-of-top-emerging-diseases/en/> (дата обращения: 20.06.2016).

Поступила в редакцию 01.06.2016

Принята к публикации 02.06.2016

S.M. Malkhazova¹, V.A. Mironova²,
P.V. Pestina³, D.S. Orlov⁴

EMERGING AND RE-EMERGING INFECTIONS IN RUSSIA: A MEDICO-GEOGRAPHICAL ASPECT

A problem of emerging and re-emerging natural focal diseases in Russia is considered. The most important diseases have been determined. The Russian and foreign publications were reviewed in order to consider the current status of the problem, analyze the existing classifications of such diseases and identify the causes of their occurrence. The spread of diseases with different types of distribution and dynamics has been considered by the example of three model infections (tick-borne borreliosis, Crimean-Congo hemorrhagic fever and Astrakhan spotted fever). The nozoareals of model infections within Russia have been mapped.

Key words: emerging and re-emerging infections, emerging diseases, natural focal diseases, medical-geographical mapping.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Geographical Society and the Russian Foundation for Basic Research (project N 15/2015).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Head of the Department, D.Sc. in Geography; e-mail: sveta_geo@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher; e-mail: mironova.va@gmail.com

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, PhD student; e-mail: polechka10@gmail.com

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Scientific Researcher; e-mail: orlovds@list.ru

REFERENCES

- Achkasova T.A., Cil'ko S.V., Dumova T.V., Achkasova Ju.N. Aktual'nost' emerzhentnykh infekcij [Importance of the emerging diseases], Uch. zap. Tavricheskogo nac. universiteta imeni V.I. Vernadskogo. ser. Biologija, himija, 2012, T. 25(64), no 1, pp. 21–28 (in Russian).
- Greer A., Ng V., Fisman D. Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead // CMAJ. 2008. Vol. 178. P. 715–722 doi 10.1503/cmaj.081325.
- Homjakov Ju.N., Homjakova T.I., Severin S.E. Ugroza razvitiya novykh infekcionnykh boleznej. Biobezopasnost' i molekulyarnye mehanizmy patogeneza [New infectious diseases hazard. Biosafety and molecular mechanisms of the pathogenesis], Vestnik. NII mol. mediciny, 2004, no 4, pp. 6–24 (in Russian).
- Jones K.E., Patel N.G., Levy M.A. et al. Global trends in emerging infectious diseases // Nature. 2008. Vol. 451(7181) P. 990–994. doi 10.1038/nature06536.
- Karimov I.Z., Pen'kovskaja N.A., Gorovenko M.V., Midikari A.S. Jepidemiologicheskie osobennosti bolezni Lajma v Respublike Krym v 2013 g. [Specific epidemiological characteristics of Lyme disease in the Republic of Crimea in 2013], Prakt. medicina, 2014, Vyp. 7(83), pp. 104–107 (in Russian).
- Kilpatrick A.M. Globalization, land use and the invasion of West Nile virus // Science. 2011. Vol. 334(6054). P. 323–327.
- Korenberg Je.I., Pomelova V.G., Osin N.S. Prirodnoochagovye infekcii, peredajushhiesja iksodovymi kleshhami [Tick-borne natural focal infections], Moscow, Kommentarij, 2013, 463 p. (in Russian).
- Lindeborg M., Barboutis C., Ehrenborg C. et al. Migratory birds, ticks, and Crimean-Congo hemorrhagic fever virus // Emerg. Infect. Dis. 2012. Vol. 12. P. 2095–2097.
- L'vov D.K. Gripp i drugie novye i vozvrashhajushhiesja infekcii Severnoj Evrazii. Global'nye posledstviya [Influenza and other emerging and re-emerging infections of Northern Eurasia. Global effects], Federal'nyj spravochnik zdravoohraneniya Rossii, 2010, Vyp. 11, pp. 209–220 (in Russian).
- Makarov V.V., Smirnov A.M., Sochnev V.V., Aliev A.A. Jemerzhentnost', chrezvychajnye situacii i zoonozy [Emergence, emergency situations and zoonoses], Veterinarnaja patologija, 2004, no 3, pp. 36–45 (in Russian).
- Maleev V.V., Galimzjanov H.M., Butenko A.M., Cherenov I.V. Krymskaja gemorragicheskaja lihoradka [Crimean-Congo hemorrhagic fever], Moscow; Astrahan': Izd-vo AGMA, 2003, 120 p. (in Russian).
- Malhazova S.M., Kotova T.V., Mironova V.A. i dr. Mediko-geograficheskij atlas Rossii «Prirodnoochagovye bolezni»: koncepcija i pervye rezul'taty [Medico-geographical Atlas of Russia «Natural focal diseases»: concept and first findings], Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 5, Geografija, 2011, no 4, pp. 16–23 (in Russian).
- Mediko-geograficheskij atlas Rossii «Prirodnoochagovye bolezni» [Medico-geographical Atlas of Russia «Natural focal diseases»], Pod red. S.M. Malhazovoj, Moscow, geograficheskij fakul'tet MGU, 2015, 208 p. (in Russian).
- Morens D.M., Fauci A.S. Emerging infectious diseases: Threats to human health and global stability // PLoS Pathog. 2013. URL: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.ppat.1003467> (Accessed: 24.06.2016).
- Morens D.M., Folkers G.K., Fauci A.S. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases // Nature. 2004. Vol. 430(6996). P. 242–249.
- Morse S. Factors in the emergence of infectious disease // Emerg. Infect. Dis. 1996. Vol. 1. P. 7–15.
- Neiderud C.J. How urbanization affects the epidemiology of emerging infectious diseases // Infection Ecology and Epidemiology. 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.3402/iee.v5.27060> (Accessed: 23.06.2016).
- O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2014 godu: Gosudarstvennyj doklad [On the status of sanitary-and-epidemiological situation in the Russian Federation in 2014: State report], Moscow, Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2015, 206 p. (in Russian).
- National Institute of Allergy and Infectious Diseases [Official website NIAID], URL: <http://www.niaid.nih.gov/topics/emerging/Pages/Default.aspx> (Accessed: 25.06.2016).
- Rudakova S.N. Iksodovye kleshhevyje borreliozy v sochetannykh prirodnykh ochagah Za-padnoj Sibiri [Tick-borne borrelioses in mixtpatogens natural foci West Siberia], Bull. VSNC SO RAMN, 2007, no 7(55) Prilozhenie, pp. 151–155 (in Russian).
- Semenza J.C., Lindgren E., Balkanyi L. et al. Determinants and drivers of infectious disease threat events in Europe // Emerg. Inf. Dis. 2016. Vol. 22(4). P. 581–589.
- Shkarin V.V., Kovalishena O.V. Sovremennaja klassifikacija novykh infekcij: novyj vzgljad na «staruju» problemu [The contemporary classification of emerging infections: new insights in the old problem], Jepidemiologija i infekcionnye bolezni. Aktual'nye voprosy, 2012, no 4, pp. 53–57 (in Russian).
- Tarasevich I.V. Astrahanskaja pjatnistaja lihoradka [Astrakhan spotted fever], Moscow, Medicina, 2002, 176 p. (in Russian).
- Ugleva S.V., Burkin A.V., Shabalina S.V. Sovremennaja jepidemiologo-jentomologicheskaja ocenka transmissivnykh lihoradok, dominirujushhih na territorii Astrahanskaj oblasti [Current epidemiologo-entomological evaluation of vector-borne fevers in Astrakhan region], Jepidemiologija i vakcinoprofilaktika, 2011, no 4(59), pp. 5–11 (in Russian).
- Volynkina A.S., Kotenev E.S., Lisickaja Ja.V. i dr. Krymskaja gemorragicheskaja liho-radka v Rossijskoj Federacii v 2014 g., prognoz jepidemiologicheskogo obstanovki na 2015 g. [Crimean-Congo hemorrhagic fever in Russian Federation in 2014, a forecast of epidemiological situation for 2015], Problemy osobo opasnykh infekcij, 2015, Vyp. 1, pp. 42–45 (in Russian).
- World Health Organization [Official website WHO]. URL: <http://www.who.int/medicines/ebola-treatment/WHO-list-of-top-emerging-diseases/en/> (Accessed: 20.06.2016).

Received 01.06.2016

Accepted 02.06.2016

УДК 910.1; 910.3; 574.9

В.В. Неронов¹, Е.Г. Королева², Т.В. Дикарева³, А.А. Романов⁴, В.М. Галушин⁵, Е.В. Мелихова⁶

ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ

Использование новых возможностей в обобщении, визуализации и сопряженном анализе биологической и географической информации позволяет эффективно применять биогеографические подходы при формировании сети охраняемых территорий. Работы сотрудников кафедры биогеографии Московского университета на примере трех разных регионов (плато Путорана, Каркаралинские горы Центрального Казахстана, Калининградская область) демонстрируют возможности использования результатов биогеографического мониторинга редких и охраняемых видов для выделения территорий, приоритетных для охраны биоразнообразия, на разных уровнях пространственной организации биоты.

Ключевые слова: биоразнообразие, мониторинг, охраняемые природные территории, редкие растения и животные.

Введение. Анализ и комплексная оценка биологического разнообразия – активно развивающийся путь контроля за состоянием биоты Земли, который (помимо научной области) затрагивает сферу международного сотрудничества стран по сохранению биологических видов на их территориях и рассматривается в качестве одного из приоритетных направлений устойчивого развития современных государств. Для реализации обоснованной и взвешенной стратегии сохранения биоразнообразия необходимы различные методы его оценки, в том числе для отдельных хозяйственно ценных и уязвимых таксонов и экосистем. Эти методы позволяют на количественной основе планировать перспективную сеть охраняемых территорий разного пространственного ранга и разрабатывать необходимые меры по охране и восстановлению исчезающих видов. Как показал предшествующий опыт охраны видов растений и животных, включенных в Красные книги, недостаточно одной покровительственной охраны отдельных природных популяций или культивирования этих видов в искусственных условиях в отрыве от сохранения и восстановления самих экосистем, это малоэффективно и не дает ожидаемых результатов [Tishkov, 2002]. Но эти недостатки можно устранить, если разрабатывать мероприятия по сохранению биоразнообразия и реализовывать их в соответствии со стратегией сохранения редких видов и их типичных местообитаний на биогеографической основе [Whittaker et al., 2005].

Проведение и применение на практике результатов мониторинга биоты, картографическое ото-

бражение и визуализация полученных данных – основа для анализа биоразнообразия. Один из путей в стратегии сохранения биоразнообразия заключается в его *количественной сравнительной оценке* в природных экосистемах разного уровня. Как правило, первый шаг в этой оценке направлен на изучение редких, эндемичных, узкоареальных видов растений и животных. Включение в федеральные и региональные Красные книги редких видов без процедур их выявления, установления их статуса и границ ареала, выявления факторов, негативно действующих на их популяции, организации территориальной охраны и регулярного мониторинга, привело бы к безвозвратному исчезновению большинства этих видов на значительных территориях. Поэтому важнейшая составная часть природоохранных программ редких видов – мониторинг состояния их территориальных группировок (популяций) в пределах ареала [Воронов, Кучерук, 1977]. На следующем этапе (картографическом) создаются биогеографические карты с разными тематикой и степенью пространственно-временной интеграции информации, причем их масштаб и назначение могут варьировать [Огуреева, 2012].

Существуют многочисленные зарубежные публикации, посвященные оценке и сохранению биоразнообразия в глобальном, региональном и локальном аспектах. Они посвящены моделированию пространственного распределения видов, определению приоритетов при организации заповедных территорий, угрозам биоразнообразию от инвазивных видов, ре-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* vneronov@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* koroleva@cs.msu.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* tvdikareva@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, проф., докт. биол. н.; *e-mail:* putorana05@mail.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, проф., докт. биол. н.; *e-mail:* v-galushin@yandex.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, аспирантка; *e-mail:* putorana05@mail.ru

акции биоразнообразия на климатические изменения, изучению индикаторных объектов биоты для выявления природоохранной ценности территорий [Drechsler, 2005; Drechsler et al., 2009; Richardson, Whittaker, 2010]. Однако опыт российских биогеографов в этом направлении на примере исследования биоты России и сопредельных территорий остается пока недостаточно освещенным.

Цель работы – обобщение многолетнего опыта мониторинга, картографирования и оценки редких и охраняемых видов растений и животных в разном масштабе. Основная задача исследования заключалась в практическом применении биогеографических подходов для обоснования перспективной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и уточнения статуса существующих ООПТ. В качестве элементарных единиц биоразнообразия и объектов исследования рассматриваются отдельные охраняемые виды растений и животных и их популяции в Российской Субарктике (плато Путорана), островных лесах Центрального Казахстана и урбанизированном ландшафте на северо-западе России (Калининградская область).

Материалы и методы исследований. В качестве модельных территорий исследований выбраны три района Палеарктики, отличающиеся по природным условиям и биоразнообразию. Первый из них – плато Путорана – труднодоступный и малоизученный регион Российского Заполярья с необычайно разнообразной северотаежной фауной и примесью тундровых и горных элементов. В 2010 г. эта территория была внесена в Список всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО. Значительная протяженность плато в широтном и долготном направлениях, его гигантские размеры, а также отчетливо выраженная вертикальная поясность обусловили большое разнообразие и уникальное сочетание фаунистических комплексов, характерных для Палеарктики в целом.

Примером ландшафтов с сохранившимися реликтовыми видами флоры и уникальными местообитаниями могут служить островные сосновые леса степного Центрального Казахстана в пределах массива Каркаралинских гор – плейстоценовые реликты единого лесного массива (сосновые леса и березняки), имевшего связь с таежными лесами Западной Сибири и с горными и предгорными лесами Алтая в холодные и влажные эпохи плейстоцена. Наличие в них редких бореальных и неморальных видов обусловило своеобразие и высокую природоохранную ценность этих экосистем. Среди общего числа редких и исчезающих растений Казахстана (около 600) на их долю приходится 373 вида.

Пример урбанизированной и хозяйственно освоенной территории – Калининградская область, экосистемы которой (с разной степенью трансформации) представлены лесами, окультуренными лугами, агроландшафтами, водно-болотными угодьями, а также приморскими комплексами Балтики. Основу биоразнообразия этой территории составляют 1436 видов высших растений и 338 видов наземных

позвоночных (млекопитающих и птиц), из которых многие редкие и исчезающие [Красная..., 2010]. Ежегодно над Куршской косой пролетает до 20 млн птиц в ходе сезонных миграций по Беломоро-Балтийской трассе.

Учет и мониторинг популяций редких и исчезающих видов палеарктической орнитофауны на плато Путорана проводились в 1988–2007 гг. (ежегодно с мая по август в течение 13 летних сезонов) на пеших сухопутных и водных лодочных маршрутах суммарной длиной 8617 и 1516 км соответственно. За это время обследована территория площадью ~200 000 км², включающая 11 обширных тектонических озер. Кроме того, проводились стационарные наблюдения за пролетами птиц в сезоны миграций и суточные наблюдения за гнездами в гнездовой период.

Материалы по Центральному Казахстану собраны в летние сезоны (июнь-июль) 2007–2014 гг. Район исследований охватывал территорию около 100 тыс. га в Каркаралинском горном узле, долинах степных рек и в межгорных пространствах. Мониторинг редких и реликтовых видов проводился как в плакорных зональных условиях, так и в горах на маршрутных (длиной от 2 до 25 км) и стационарных площадках, заложенных в разных местообитаниях. Всего выполнено 216 описаний и 70 маршрутов. Исследование включало также анализ списков редких и охраняемых видов растений Казахстана (373 вида) [Красная..., 1999] https://www.google.ru/?gws_rd=ssl с целью определения биотопических предпочтений у видов определенных семейств. При обработке материалов применяли метод флористических диаграмм соотношения растений различных семейств, а также методы измерения биоразнообразия [Дикарева, Леонова, 2014].

В основу работы по комплексной оценке биоразнообразия Калининградской области положены оригинальные полевые данные, собранные в 2000–2013 гг., архивные данные Балтийского федерального университета имени И. Канта, а также материалы федеральной и региональной Красных книг [2001, 2010]. В единой базе данных синтезированы сведения о распространении 83 видов высших растений и 53 видов наземных позвоночных животных (всего 136 видов), находящихся под федеральной и региональной охраной за 80 лет, включая исторический период до 1945 г., когда исследуемая территория входила в состав Восточной Пруссии. Для картографического моделирования использован метод сеточного картографирования (метод квадратных сеток) с площадью квадрата 63,75 км² [Королева, Неронов, 2007]. Этот метод позволил провести биогеографическую оценку территории области за счет совмещенного отображения разных систематических категорий охраняемой биоты, сравнения данных флористического мониторинга в историческом аспекте и актуальной оценки современных территориальных природоохранных мер.

Результаты исследований и их обсуждение. На примере выбранных модельных регионов Палеарк-

тики можно продемонстрировать три примера применения биогеографического подхода к оценке биологического разнообразия при планировании перспективной сети охраняемых территорий разного ранга. До сих пор не теряет значения традиционный для биогеографии *флористический и фаунистический мониторинг*, результаты которого служат фундаментальной основой для установления природоохранного статуса территорий, прежде всего в малоизученных районах, к которым относятся плато Путорана и массив Каркаралинских гор Центрального Казахстана.

Результаты многолетнего мониторинга двух ключевых орнитологических видов на плато Путорана – гуся-пискульки (*Anser erythropus*) и орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*) позволяют уточнить южную границу распространения первого вида и провести ее на 250 км южнее котловин озер Кета и Кутарамакан, что существенно расширяет гнездовой ареал вида (рис. 1). Численность гнездящихся особей здесь составляет 10–15% всей таймырской популяции, а средняя плотность гнездования в наиболее благоприятных местообитаниях – 2 пары на 10 км береговой линии. Обобщенные оценки показывают, что в пределах плато гнездится около 170 пар орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*), из

которых не менее 70 пар – в котловинах западных озер. На путоранскую территориальную группировку приходится около 7% от общей численности орлана-белохвоста на территории России (или около 20% суммарной численности этих птиц, гнездящихся в Сибири) [Romanov et al., 2014]. Выполненные расчеты показывают, что плато Путорана – один из ключевых районов воспроизводства этого вида в азиатской части России.

Анализ флоры массивов Каркаралинских гор показал, что наиболее высокие показатели α - и β -разнообразия отмечены на берегах ручьев, долин временных водотоков, побережий и сплавин озер, сфагновых болот, в рямах и сограх, расщелинах между скальными глыбами, у подножий скалистых гребней гор, в мшистых и мшисто-травяных сосняках на склонах и шлейфах высоких гор, а также в черноольшаниках. Многолетний флористический мониторинг показал постепенное увеличение видовой насыщенности и рост индекса Шеннона в сообществах, что отражает благоприятные последствия введения охранного режима в Каркаралинском национальном парке и снижение пастбищной нагрузки в этих природных комплексах [Дикарева, Леонова, 2014].

Таким образом, детальный полевой флористико-фаунистический мониторинг показывает биогео-

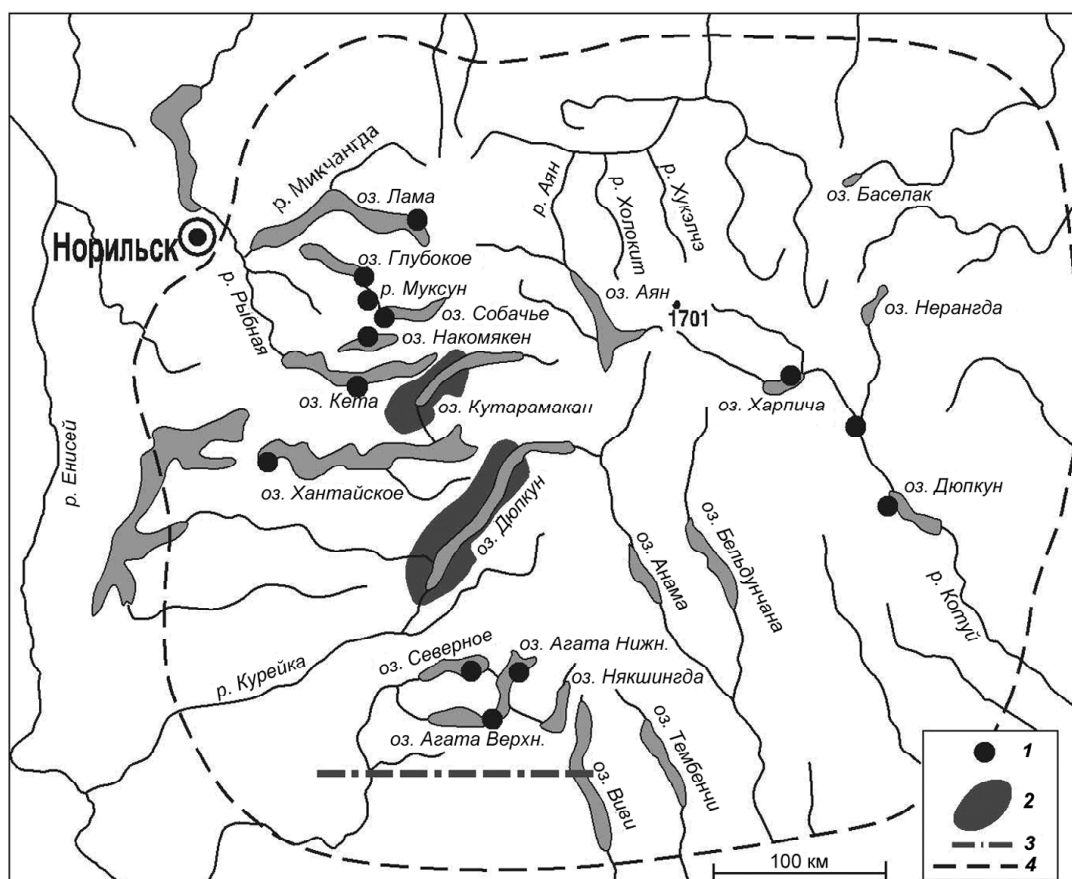


Рис. 1. Распределение гуся-пискульки в гнездовой период на плато Путорана: 1 – встречи территориальных пар, выводков и неразмножающихся особей; 2 – районы многолетнего успешного гнездования; 3 – современная южная граница гнездового ареала; 4 – граница плато Путорана

Fig. 1. Distribution of *Anser erythropus* in the nesting period within the Putorana Plateau: 1 – meeting points of territorial pairs, litters and non-breeding species; 2 – areas of long-term successful nesting; 3 – modern southern boundary of breeding range; 4 – boundary of the Putorana Plateau

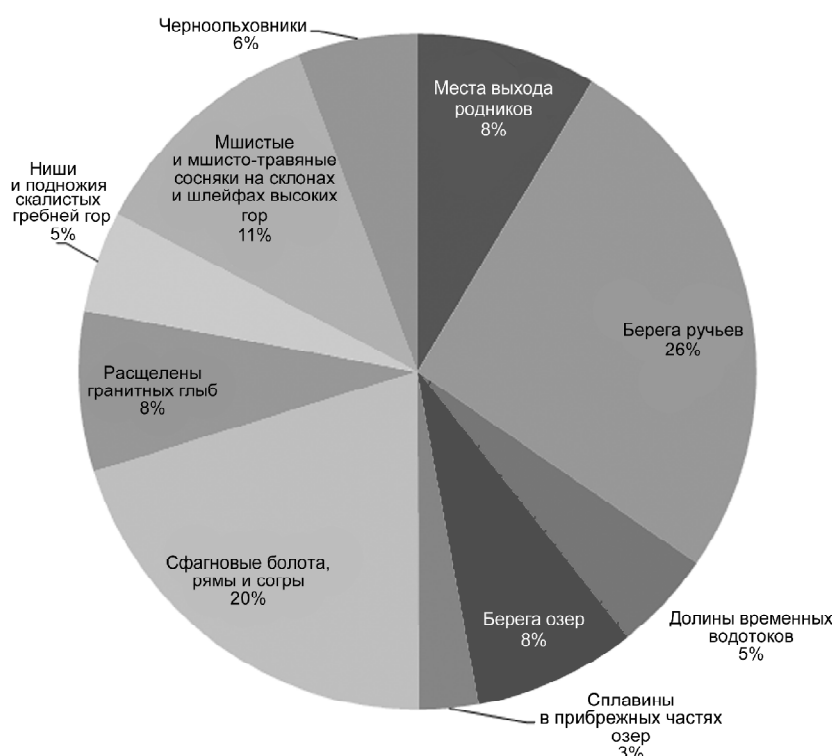


Рис. 2. Соотношение доли редких видов с их биотопической приуроченностью

Fig. 2. Correlation between the percentage of rare species and their confinement to ecotopes

ографическую специфику исследованных территорий плато Путорана и массива Каркаралинских гор. В первом случае высокое биологическое разнообразие региона, переходный характер фауны, большое число эндемичных и редких видов биоты обусловлены его положением в пределах Енисейской зоогеографической границы – одного из наиболее масштабных меридиональных биогеографических рубежей Евразии регионального уровня. Во втором случае мониторинг редких и реликтовых видов растений на локальном уровне свидетельствует об уникальности массива Каркаралинских гор в степном ландшафте Центрального Казахстана.

При оценке биологического разнообразия особое значение имеют *редкие и охраняемые виды*, рассматриваемые в современных концепциях как в качестве ключевых индикаторных единиц биоты, так и в виде самостоятельного ресурса, который необходимо охранять в первую очередь. Исследования на плато Путорана позволили выявить стабильные и относительно крупные очаги гнездования занесенного в Красную книгу РФ [2001] гуся-пискульки, которые стабильно сохраняются на озерах в западной части плато Путорана.

Благополучие популяции другого охраняемого вида – орлана-белохвоста на плато Путорана напрямую связано с обилием падали и остатков жертв наземных хищников, районы гнездования большинства пар совпадают с районами массовых миграций диких северных оленей. Перемещение основных миграционных потоков оленей в 1970–1980 гг. с запада на восток плато Путорана, вероятно, стало одним из самых существенных факторов, негатив-

но повлиявших на изменение численности популяции этого пернатого хищника в ряде западных районов плато [Romanov et al., 2014]. Регистрируемое в отдельные годы сокращение числа гнездящихся пар на западе плато Путорана связано с «плавным перетеканием» части гнездящихся особей во внутренние и восточные районы плато при сохранении общей численности популяции. В связи с этим на основе данных изучения и мониторинга двух рассмотренных ключевых видов обосновывается необходимость сохранения приоритетного природоохранного статуса для плато Путорана в Российской Субарктике.

Для массива Каркаралинских гор исследовано соотношение различных семейств растений по доле редких видов, а также соотношение доли редких видов с биотопической приуроченностью. Анализ состава семейств редких видов Казахстана показал, что среди них преобладают сложноцветные (17%), злаки, лютиковые (по 10%), затем следуют ама-

риллисовые, лилейные, толстянковые и бурачниковые. Их биотопическая приуроченность совпала с местами наиболее высоких показателей α - и β -разнообразия и отражена на диаграмме (рис. 2).

При составлении рекомендаций по организации новых заповедных территорий в Казахстане учитывалась степень благоприятности местообитаний для существования высокого разнообразия редких, реликтовых и охраняемых видов.

Результаты картографирования редких и охраняемых растений в Калининградской области дают основание полагать, что к приоритетным для сохранения биоразнообразия территориям можно отнести Куршскую и Балтийскую косы, Самбийскую и Вармийскую возвышенности, Шешупскую и Полескую низменности, дельты рек Неман и Преголя, а также побережье Куршского залива, из которых приоритет имеют Куршская коса и Виштынецкая возвышенность (более 6 редких видов на анализируемой территориальной единице – квадрате сетки). Динамические тренды охраняемых видов с помощью ретроспективного и актуального картографирования показаны на примере растений из Красной книги РФ [2001].

Сопоставление доступных архивных материалов в историческом аспекте (до 1945 г.) и современных данных позволяет провести ретроспективный анализ биоразнообразия и, сопоставив его с современным, включить в схемы мониторинга биоты не только реальные, но и потенциально ценные природоохранные территории (рис. 3).

Анализ существующих угроз биоразнообразию – необходимый элемент при выборе мест ох-

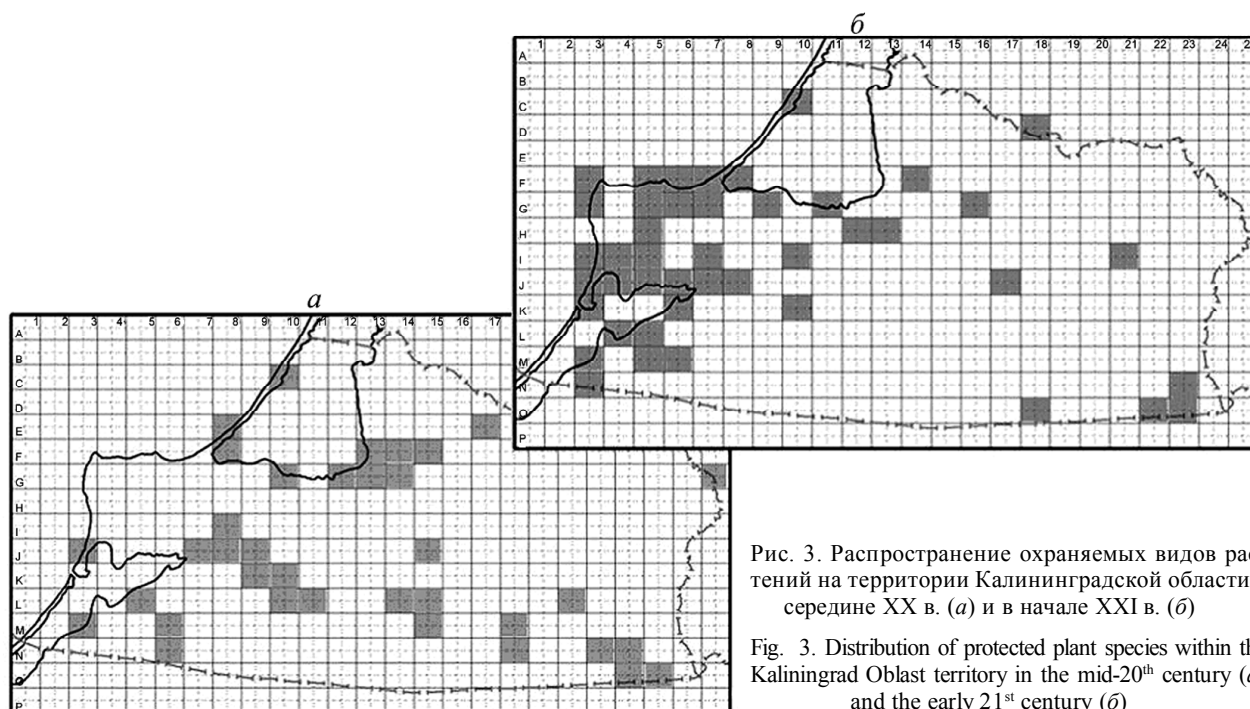


Рис. 3. Распространение охраняемых видов растений на территории Калининградской области в середине XX в. (а) и в начале XXI в. (б)

Fig. 3. Distribution of protected plant species within the Kaliningrad Oblast territory in the mid-20th century (a) and the early 21st century (б)

раны и оценке эффективности природоохранных мер. Так, на численность орлана-белохвоста на Таймыре может негативно влиять рубка высокоствольных массивов леса в поймах рек, прямое преследование человеком, а также локальное или сезонное уменьшение обилия и доступности рыбы (что особенно отражается на питании летом) и сокращение доступности падали весной при изменении путей миграций диких северных оленей. Пожары, засуха, перевыпас, низкая обводненность местообитаний в совокупности с нарушением заповедного режима и прямым антропогенным вмешательством являются факторами риска для растительных реликтов Каркаралинских гор.

Последнее актуально также для Калининградской области, где необходимо незамедлительное принятие мер государственной законодательной охраны для дюнных комплексов, крупных лесных массивов, прибрежных участков и верховых болот. Наиболее целостной и отвечающей результатам биогеографической оценки можно считать разработанную ранее схему особо охраняемых природных территорий [Схема..., 2004], предусматривающую разные уровни охраны: всемирный, балтийский, приграничный и региональный. Предлагаемая в схеме система ООПТ, а также результаты наших исследований повышают природоохранный статус наиболее ценных территорий с точки зрения ландшафтного и биологического разнообразия (Вислинская коса, природные заказники Громовский, Дюнный) и предусматривают организацию дополнительных особо охраняемых территорий, в границах которых встречаются исчезающие виды (рис. 4) или уникальные экосистемы (в частности, болото Целау, Роминтская пушта и др.).

Таким образом, только на основе интегрального биогеографического анализа и оценки существующих угроз возможен предварительный выбор приоритетных для охраны регионов.

Результаты мониторинга находящихся под охраной модельных видов птиц Субарктики (гуся-пискульки и орлана-белохвоста) убедительно доказывают значение плато Пукторана как ключевого района воспроизводства этих видов в азиатской части России и повышают его природоохранное значение. Реликтовые островные сосновые леса в степной зоне Центрального Казахстана сохраняют большое число редких и исчезающих растений за счет высокой доли благоприятных местообитаний, для которых должен быть рекомендован строгий заповедный режим охраны на участках Каркаралинского национального парка. В хозяйственно преобразованной Калининградской области, где охраняемыми должны стать практически все территории, сохранившиеся в естественном или близком к этому состоянию, реализуется принцип эффективной охраны природы. В соответствии с ним дифференцированная по уровню и приоритетности охрана поможет сохранить наиболее ценные природные комплексы и объекты, которые заслуживают включения в общеевропейскую экологическую сеть.

Выводы:

— охрана живой природы и сохранение биологического разнообразия рассматриваются в качестве одного из ведущих направлений устойчивого развития. Для их реализации необходима разработка стратегических документов (концепций), определяющих формирование региональной (национальной) сети ООПТ, в которую включаются (наряду с типичными) все редкие и уникальные ландшафты, экосистемы, отдельные сообщества и местообитания редких и исчезающих видов из Красных книг. Биогеографические подходы, которые заключаются в флористико-фаунистическом мониторинге территорий, детальной комплексной оценке популяций ред-

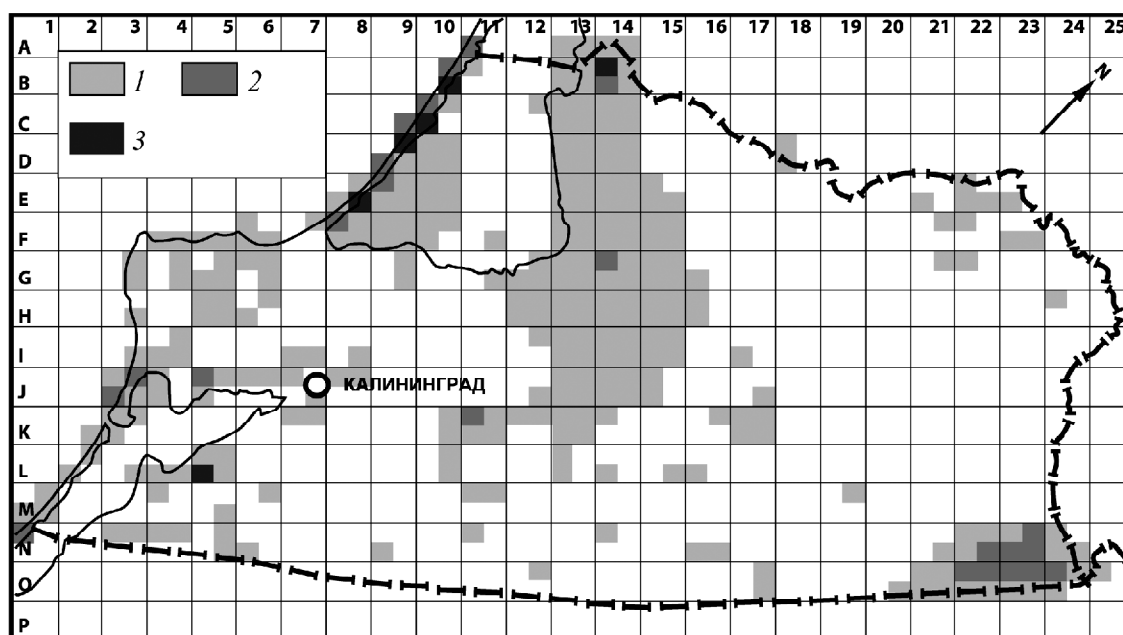


Рис. 4. Природоохранная ценность территории в соответствии с концентрацией охраняемых видов растений и животных в Калининградской области: 1 – высокий приоритет (1–3 вида в квадрате); 2 – очень высокий приоритет (4–6 видов в квадрате); 3 – наивысший приоритет (7–9 видов в квадрате)

Fig. 4. Nature protection value of the territory according with the concentration of protected plant and animal species in the Kaliningrad Oblast: 1 – high priority (1–3 species in a square); 2 – very high priority (4–6 species in a square); 3 – the highest priority (7–9 species in a square)

ких и охраняемых видов, а также анализе существующих угроз биоразнообразию, могут служить основой создания природоохранной концепции региона с позиций сохранения биологического разнообразия. Они позволяют проводить регулярный мониторинг и количественные учеты биоты, анализировать и оценивать природоохранную ценность и биогеографическую специфику территорий, определять приоритетность и эффективность охраны отдельных видов и экосистем, планировать природоохранные мероприятия;

– рассмотренные три примера различного территориального ранга относятся к разным биогеографическим районам Палеарктики с различной степенью изученности, антропогенной трансформации экосистем и развития сети охраняемых природных территорий. Проведенные в них исследования отличались по масштабам, объектам и методам, однако все они демонстрируют новые возможности природоохранной биогеографии в обобщении, визуализации и сопряженном анализе биологической и географической информации для практических природоохранных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воронов А.Г., Кучерук В.В. Биотическое разнообразие Палеарктики: проблемы изучения и охраны // Биосферные заповедники. Тр. I сов.-амер. симпозиума. СССР, 5–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 7–20.
- Дикарева Т.В., Леонова Н.Б. Фиторазнообразие сопки Каркаралинского национального парка (Республика Казахстан) // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 4(61). С. 105–114.
- Королева Е.Г., Неронов В.В. Картографирование и оценка распространения охраняемых растений Калининградской области // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2007. № 2. С. 60–67.
- Красная книга Калининградской области. Калининград: РГУ имени И. Канта, 2010. 333 с.
- Красная Книга Казахстана. Астана: Багира ЛТД, 1999. 550 с.
- Красная книга Российской Федерации. М.: АСТ, Астрель, 2001. 845 с.
- Огуреева Г.Н. Эколого-географический подход к изучению разнообразия и географии наземных экосистем // Вопр. географии. Сб. 134. Актуальная биогеография. М.: Кодекс, 2012. С. 58–80.
- Схема охраны природы Калининградской области. Калининград: Изд-во TENAX MEDIA, 2004. 136 с.
- Drechsler M. Probabilistic approaches to scheduling reserve selection // Biol. conservation. 2005. Vol. 122. P. 253–262.
- Drechsler M., Lourival R., Possingham H.P. Conservation planning for successional landscapes // Ecological Modeling. 2009. Vol. 220. P. 438–450.
- Richardson D.M., Whittaker R.J. Conservation biogeography – foundations, concepts and challenges // Diversity and Distribution. 2010. Vol. 16. P. 313–320.
- Romanov A.A., Golubev S.V., Melikhova E.V. Regularities of spatial differentiation of fauna and bird population on the Putorana Plateau // Contemporary Problems of Ecology. 2014. Vol. 7, N 6. P. 618–627.
- Tishkov A.A. Nature protection and conservation // The physical geography of Northern Eurasia. Oxford regional environments. Oxford University Press. 2002. P. 227–245.
- Whittaker R.J., Araújo M.B., Jepson P. et al. Conservation biogeography: assessment and prospect // Diversity and Distribution. 2005. Vol. 11. P. 3–23.

Поступила в редакцию 30.05.2016
Принята к публикации 02.06.2016

V.V. Neronov¹, E.G. Koroleva², T.V. Dikareva³,
A.A. Romanov⁴, V.M. Galushin⁵, E.V. Melikhova⁶

ASSESSMENT OF BIODIVERSITY TO REVEAL THE NATURE PROTECTION VALUE OF TERRITORIES

Application of new possibilities in generalization, visualization and integrated analysis of biological and geographic information enables the effective application of biogeographical approaches for the organization of a system of nature protection areas. The research of the Department of Biogeography of the Lomonosov Moscow State University (case studies of three different regions, i.e. the Putorana Plateau, the Karkaralinsk Mountains in Central Kazakhstan and the Kaliningrad Oblast) demonstrate the possible use of the biogeographical monitoring of rare and protected species for the selection of priority territories for biodiversity conservation at various levels of the spatial organization of biota.

Key words: biodiversity, monitoring, nature protection areas, rare species of plants and animals.

REFERENCES

- Dikariova T.V., Leonova N.B. Fitoraznoobrazie sopok Karkaralinskogo nacional'nogo parka (Respublika Kazakhstan) [Phyto-diversity of the hills of Karkaralinskiy national park (Kazakhstan Republic)], *Aridnie ekosistemi*, 2014. Vol. 20, no 4(61), pp. 105–114 (in Russian).
- Drechsler M. Probabilistic approaches to scheduling reserve selection // *Biol. conservation*. 2005. Vol. 122. P. 253–262.
- Drechsler M., Lourival R., Possingham H.P. Conservation planning for successional landscapes // *Ecol. Modeling*. 2009. Vol. 220. P. 438–450.
- Koroleva E.G., Neronov V.V. Kartografirovaniye i ochenka rasprostraneniya ohraniayemykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti [Mapping and evaluation of distribution of protected plants in Kaliningrad region], *Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 5, Geografija*, 2007, no 2, pp. 60–67 (in Russian).
- Krasnaiya Kniga Kaliningradskoy oblasti [Red Book of Kaliningrad region], Kaliningrad: RGU imeni I. Kanta, 2010, 333 p. (in Russian).
- Krasnaiya Kniga Kazakhstana [Red Book of Kazakhstan], Astana, Bagira LTD, 1999. 550 p. (in Russian).
- Krasnaiya Kniga Rossiyskoy Federacii [Red Book of Russian Federation], Moscow, AST, Astrel', 2001, 845 p. (in Russian).
- Ogureeva G.N. Ekologo-geograficheskiy podkhod k izucheniuy raznoobrazija i geografii nazemnykh ecosystem [Ecological-geographical approach to the study of diversity and geography of terrestrial ecosystems], *Voprosi geografii, Sbornik 134, Aktual'naya biogeografiya*, Moscow, Kodeks, 2012. pp. 58–80 (in Russian).
- Richardson D.M., Whittaker R.J. Conservation biogeography – foundations, concepts and challenges // *Diversity and Distribution*. 2010. Vol. 16. P. 313–320.
- Romanov A.A., Golubev S.V., Melikhova E.V. Regularities of spatial differentiation of fauna and bird population on the Putorana Plateau // *Contemporary Problems of Ecology*. 2014. Vol. 7, N 6. P. 618–627.
- Skhema ohrani prirodi Kaliningradskoy oblasti. [Scheme of nature protection of Kaliningrad region], Kaliningrad, TENAX MEDIA, 2004, 136 p. (in Russian).
- Tishkov A.A. Nature protection and conservation // *The physical geography of Northern Eurasia. Oxford regional environments*. Oxford University Press, 2002. P. 227–245.
- Voronov A.G., Kucheruk V.V. Bioticheskoe raznoobrazie Palearktiki: problemi izuchenija i ohrani [Biotic diversity of Palearctic: problems of studying and protection], *Biosfernii zapovedniki. Trudi I sovetsko-amerikanskogo simposiuma. SSSR*, 5–17 maia 1976 g, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977, pp. 7–20 (in Russian).
- Whittaker R.J., Araújo M.B., Jepson P. et al. Conservation Biogeography: assessment and prospect // *Diversity and Distribution*, 2005. Vol. 11. P. 3–23.

Received 30.05.2016

Accepted 02.06.2016

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; e-mail: vneronov@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: koroleva@cs.msu.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: tvdikareva@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, D.Sc. in Biology; e-mail: putorana05@mail.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, D.Sc. in Biology; e-mail: v-galushin@yandex.ru

⁶ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, PhD. student; e-mail: putorana05@mail.ru

МЕТОДЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 528.94

Г.Н. Огуреева¹, М.В. Бочарников², Л.Г. Емельянова³, Н.Г. Кадетов⁴, Н.Б. Леонова⁵, О.А. Леонтьева⁶,
И.М. Микляева⁷, В.Ю. Румянцев⁸, М.С. Солдатов⁹, Е.Г. Суслова¹⁰

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Рассмотрены современные направления картографирования биоты, которые развиваются на кафедре биогеографии географического факультета МГУ. В последнее десятилетие повышенный интерес к проблемам сохранения биоразнообразия, его инвентаризации, мониторинга и оценки состояния способствовал формированию особого проблемного направления в биогеографическом картографировании. Тематический спектр карт и их масштабный диапазон постоянно расширяются. Обзорные мелкомасштабные карты отображают биоту в целом («Зоны и типы поясности растительности гор России», «Биомы России»). Региональный уровень оценки биоразнообразия реализован в многочисленных среднемасштабных картах, в том числе в региональных атласах. Ландшафтный уровень исследования биоты и эколого-географической дифференциации биоразнообразия отображается на крупномасштабных картах, составленных для территорий заповедников, стационаров, модельных участков. Оценка биоразнообразия сопровождается созданием баз данных (БД) для отдельных групп организмов для страны в целом или регионов с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и ГИС-технологий. В статье освещены проблемы интегрального картографирования биоразнообразия на основе эколого-географического подхода с характеристикой растительного покрова и животного населения, а также роль картографирования биоты в образовательном процессе на кафедре биогеографии.

Ключевые слова: география биоразнообразия, уровни картографирования, биота, таксономическое и ценоотическое разнообразие, географическое и экологическое образование.

Введение. Биогеографическая карта рассматривается как важнейшее средство познания пространственных закономерностей локализации биоты на разных уровнях исследования в зависимости от действующих факторов окружающей среды. Биогеографическое картографирование в качестве самостоятельного направления тематического картографирования оформилось на кафедре биогеографии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова благодаря блестящим работам А.Г. Воронова, Т.Б. Вернандер, Н.В. Тупиковой, А.М. Чельцова-Бебутова. Традиционным стало картографическое обеспечение исследовательских работ, проводимых по научной тематике кафедры,

по грантам и проектным научно-практическим заданиям [Малхазова и др., 2008]. Развитие биогеографических исследований тесно связано с совершенствованием принципов, методов, технологий и подходов к картографированию биоты. Повышение интереса к проблемам сохранения биоразнообразия способствовало формированию особого проблемного направления тематической картографии – картографирования биоразнообразия [Огуреева, Котова, 2002]. В рамках этого направления в соответствии с научной тематикой кафедры ведутся поиски новых картографических подходов и технологий к обеспечению исследований биоразнообразия сообразно целям, степени изученности, а также уровням

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* ogur02@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* maxim-u-bg@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* biosever@yandex.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, науч. с.; *e-mail:* biogeonk@mail.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* nbleonova2@gmail.com

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. биол. н.; *e-mail:* leontolga@mail.ru

⁷ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* inessa-miklyaeva@yandex.ru

⁸ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* vyurum@biogeo.ru

⁹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* soldatov@biogeo.ru

¹⁰ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* lena_susl@mail.ru

биологической и пространственной организации экосистем.

Материалы и методы исследований. Биогеографическое картографирование как отображение растительного покрова и животного населения развивается на кафедре по традиционным направлениям и новому направлению – интегральному отображению биоты. Для составления карт используются данные полевых исследований, литературные, фондовые и дистанционные материалы. Современные биогеографические исследования тесно связаны с применением ГИС-технологий, современного программного обеспечения и данных дистанционного зондирования (ДЗЗ), что позволяет оптимизировать технические приемы обработки большого объема многолетних данных. Такой анализ открывает новые возможности для мониторинга экосистем, а также оценочного картографирования по выявлению экологического потенциала территории.

Постепенно расширяется тематический спектр карт и их масштабный диапазон. Развитие тематического содержания карт идет по пути расширения объектов картографирования на разных уровнях исследования, экологизации тематического содержания карт, что способствует повышению их информативности, достоверности и практической значимости. Накапливается опыт по созданию комплексных интегральных биогеографических карт нового поколения, отображающих одновременно растительный покров и животное население во взаимосвязи с условиями среды.

В этом плане наиболее актуальны карты количественных соотношений распределения в пространстве разных групп растений и животных. Новый подход к анализу распространения видов – пространственное моделирование с использованием дистанционной информации, которое основано на концепции экологической ниши вида. Модель включает спектральные характеристики многозональных космических снимков, биоклиматические параметры, сведения о растительном покрове территории и его динамике. Результаты моделирования представляют вероятность встречи вида на территории, что позволяет судить о его современном распространении в связи с многообразием эколого-географических факторов. На основе анализа карт потенциальных и современных ареалов видов можно выдвигать гипотезы о их происхождении и истории развития на конкретной территории [Дудов, 2015].

В биогеографических работах все более востребован метод сеточного картографирования, с помощью которого анализируется распространение видов или синтаксонов на основе стандартных регулярных сеток и составления серии соответствующих карт. Метод использован, например, при создании карт для региональных Красных книг, сбора и анализа материалов по распространению видов сосудистых растений во Владимирской области [Серегин, 2014], для анализа состояния широколиственных лесов Среднерусской возвышенности [Архипова, 2014], для анализа данных о распространении редких лесных ассоциаций южной тайги и

подтайги в Заволжье и Приуралье [Кадетов, 2014], для оценки видового богатства земноводных и пресмыкающихся на Западном Кавказе, занесенных в Красную книгу Краснодарского края [Леонтьева, 2004].

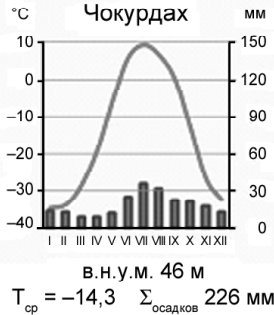
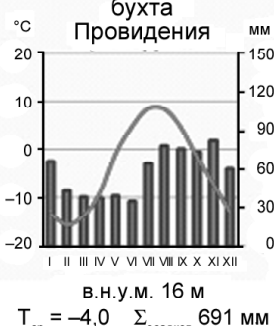
Результаты исследований и их обсуждение.
Картографирование биоразнообразия. Актуальность проблем инвентаризации, оценки и сохранения биоразнообразия определяет развитие его картографирования и широкий тематический спектр создаваемых карт.

Обзорное картографирование. Необходимость обзорных карт, охватывающих большие пространства России и мира, обусловлена потребностями выявления и оценки экологического потенциала территории через особенности биоты, адаптированной к региональным условиям среды и связанной общей историей развития со всеми другими компонентами ландшафта.

На кафедре разработана серия оригинальных картографических произведений (в масштабе 1:7,5–8 млн), отображающих биоту в целом, основой для которых послужила карта «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» [Зоны и типы..., 1999] того же масштаба. Научная концепция этой карты обеспечила возможность показать общие закономерности широтного распространения растительности равнинных территорий и растительного покрова гор, систематизированного по типам высотно-поясной структуры.

Методология разработки тематического содержания карты «Экорегионы России» тесно связана с постановкой и решением глобальных и региональных проблем охраны окружающей среды и сохранения природного разнообразия. Это, по сути, карта экологического районирования. Она дает характеристику экорегиона через соотношение зональных и связанных с ними эдафических, экологических вариантов экосистем, при этом акцент делается на структуру биотического покрова и состояние экосистем в зависимости от характера и степени антропогенного воздействия [Огуреева, 2012].

Карта «Биомы России» представляет первый опыт отображения дифференциации биотического покрова страны по составу экосистем с оценкой их биоразнообразия. В основу концепции карты положена классификация наземных экосистем Г. Вальтера и С. Брекла, в которой биомы регионального уровня представляют собой подразделения зонобиомов, что отражает взаимодействие климата с региональной биотой [там же]. Биом как сочетание экосистем разного уровня, биота которых исторически адаптирована к условиям окружающей среды, включает сообщества растений и животных, определяемые зональными и высотно-поясными климатическими условиями (рисунок). В количественную характеристику биоразнообразия биомов входит число видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников, видов наземных позвоночных животных (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся, земноводные).

Биоразнообразие биомов			
Название биомов	Фиторазнообразие (число видов): 1) на 100 км ² 2) сосудистые растения 3) мохообразные 4) лишайники	Климатограммы	Зооразнообразие (число видов): 1) млекопитающие 2) птицы 3) пресмыкающиеся 4) земноводные
7. Лено-Колымский гипоарктическо- тундровый	1) 150–200 2) 480 3) 370 4) (600)*		7. 1) 11–15 2) 61–75 3) 0 4) 1
39. Чукотский оробиом, географические варианты 39.1. Западно- Чукотский 39.2. Восточно- Чукотский	39.1. 1) 230–350 2) 850 3) 300 4) 360 (910) 39.2. 1) 280–350 2) 680 3) 530 4) 700 (1000)		39.1. 1) 16–20 2) 61–80 3) 0 4) 0 39.2. 1) 16–21 2) 7085 3) 0 4) 0

* Экспертная оценка.

Биоразнообразие биомов (фрагмент легенды для равнинных и горных биомов)

Biomes biodiversity (fragment of the legend for plain and mountain biomes)

Региональные биомы могут послужить опорными единицами для выявления современного экологического потенциала территорий, привязки информации по оценке биоразнообразия (флористического, фаунистического, ценотического) и состоянию биоты на национальном и региональном уровнях. Они могут быть использованы для инвентаризации биоразнообразия разных групп организмов – важнейшего показателя экологического потенциала ландшафтов, для выбора характерных и уникальных объектов при мониторинге и сохранении, адресного планирования мероприятий, связанных с устойчивым развитием регионов, сохранением экосистем и совершенствованием природопользования. Обновляемые базы данных о региональных биомов, куда включен большой объем информации, открывают новые возможности в картографическом исследовании пространственно-временных закономерностей экологических подразделений биосферы на основе использования эколого-географического системного, информационного, динамического и других подходов.

Все три обзорные карты используются на кафедре при чтении курсов широкого спектра дисциплин, обеспечивающих подготовку специалистов в области биогеографии.

Региональный уровень оценки биоразнообразия. Карты оценки биоразнообразия стали органично входить в биогеографические разделы атласов или блоки ГИС как в виде отдельных сюжетов, так и в виде серий карт, отображающих общие закономерности распределения биоты, таксономическое разнообразие отдельных групп организмов, степень антропогенной трансформации экосистем и др. в Экологическом атласе России, Национальном атласе России и других атласах. Оценка биоразнообразия сопровождается созданием баз данных для отдельных групп организмов для страны в целом или ее регионов, эти БД используются при составлении кадастрово-инвентаризационных карт.

Региональный уровень оценки биоразнообразия реализован при создании серии карт для Атласа млекопитающих Архангельской области, который составлен по материалам базы данных «Таежная биота» [Емельянова и др., 2015]. Карты построены в системе зональных подразделений и отражают современное разнообразие млекопитающих области с учетом полных ареалов приводимых видов [Емельянова, 2013]. В серию впервые включены карты, отражающие трофические связи видов.

Е.Г. Сусловой и В.Ю. Румянцевым проанализирована география редких видов эпифитных лишай-

ников в Московской области. На основе БД, созданной средствами СУБД MS Visual FoxPro 9.0 и включающей сведения о 300 находках 16 видов, в среде ГИС MapInfo Professional подготовлена к публикации серия цифровых карт распространения лишайников родов *Usnea* и *Bryoria* и их приуроченности к типам сообществ и древесным породам в природных провинциях области.

Традиционное для кафедры направление исследований – создание универсальных научно-справочных карт растительности и населения животных в среднем и крупном масштабе, наиболее востребованных при исследованиях на региональном и локальном уровнях, которые имеют многоплановое практическое применение, в том числе для инвентаризации ценоотического разнообразия.

Многочисленные крупномасштабные карты растительности, составленные на основе ДДЗ и применения ГИС-технологий, широко используются для обеспечения учебных практик и научно-исследовательских работ степного стационара «Туменцогт», (Монголия) [Огуреева и др., 2011], природного заповедника «Утриш» [Суслова, Рец, 2013; Бочарников, 2015], Зейского природного заповедника [Дудов, 2015], модельной территории о-ва Вайгач [Микляев и др., 2014] и др.

Оценка ценоотического разнообразия растительности ландшафтов средней тайги выполнена на Устьянской учебно-научной станции географического факультета МГУ (Архангельская область), это позволило выявить факторы формирования экотопической, сукцессионной, антропогенной мозаики сообществ и в итоге определить экологическую емкость ландшафтов. Анализ динамики сообществ дает основание для прогноза изменения показателей биоразнообразия при разных направлениях природных и антропогенных смен, что позволяет использовать такие карты для индикаторных и прогнозистических целей [Горбунова и др., 2014].

Использование картографического метода при изучении организации растительного покрова в условиях горной территории повышает информационную емкость карт и делает более полным наше представление о структуре растительного покрова. Сложность и многообразие местообитаний в пределах горной территории обуславливают выделение гетерогенных структур растительного покрова, состав и разнообразие которых коррелирует с размерностью и масштабом исследования [Емельянова, Огуреева, 2006]. На основе анализа натурных наблюдений, автоматической классификации космического снимка, лесотаксационных данных и цифровой модели рельефа построены карты растительности, отображающие ценоотическое разнообразие высотных поясов для Западного Саяна и хр. Маркотх (Кавказ) [Липка, 2006]. Подобные универсальные карты могут служить основой для построения аналитических и оценочных карт.

Картографирование водных объектов вызывает определенные трудности в связи с недостаточно разработанной теорией выделения водных экосис-

тем. Поэтому представляет определенный интерес серия карт для водных объектов в атласном картографировании. Оригинальный объект биоты отображен на карте «Рыбы внутренних вод России», составленной на основе сетки бассейнов озерно-речных систем страны [Солдатов, 2008].

Карты оценки экологического потенциала территорий. В задачи эколого-географических исследований входят оценка природного экологического потенциала ландшафтов и выявление экологического состояния экосистем и их компонентов по степени антропогенной трансформации.

Многолетние работы по оценке состояния экосистем Монголии и степени их антропогенной нарушенности нашли отображение на региональных картах экосистем Хангайского нагорья, Монгольского Алтая и обзорной карте «Экосистемы Монголии», составленных в рамках программы работ Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и МАН.

Серия оценочных карт составлена М.В. Бочарниковым и Г.Н. Огуреевой для бассейна Волги. С помощью ГИС-технологий и интерпретации космической информации получены оперативные данные по оценке лесистости и формационному составу растительного покрова, выполняющего важные гидрологические функции; многие процессы гидрологического цикла, включая формирование и изменение речного стока, связаны с лесообразующими породами, их возрастом, площадью лесов [Алексеевский и др., 2015].

Исследование современного состояния растительного покрова бассейна верхней Зеи вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали выполнено в связи с оценкой антропогенного воздействия (рубки и пожары) на лесные экосистемы. Сопреженный анализ космо- (Landsat-7, Landsat-8) и аэрофотоснимков позволил выявить современный состав, структуру и состояние растительного покрова на ключевом участке в бассейне р. Дел (приток р. Зея) и проследить динамику лесопокрытой площади с учетом ведущей роли древесной растительности и изменения ее экологических функций за последние 40 лет [Огуреева и др., 2015].

Образовательная деятельность кафедры в области картографирования биоразнообразия. Биогеографическое картографирование занимает определенное место в образовательном процессе кафедры при квалификационной подготовке специалистов и последовательно преподается студентам по программам бакалавриата [Емельянова, Огуреева, 2006] и магистратуры [Огуреева, Котова, 2002; Огуреева и др., 2010]. Совершенствование педагогической деятельности в биогеографическом картографировании идет параллельно с развитием научных исследований, а также в соответствии с запросами прикладных и отраслевых проблем. В последние годы для студентов бакалавриата введен новый курс «Анализ и использование биогеографических карт», разрабатываемый М.В. Бочарниковым, который направлен на формирование прак-

тических навыков использования картографического метода в исследованиях пространственных закономерностей организации биоты. Картографический метод в биогеографии представляет совокупность универсальных технических приемов анализа карт (визуальные, графические, статистические) и рассмотрения тематической специфики биогеографических карт. Реализация навыков осуществляется на базе практических занятий, выполняемых с использованием программного геоинформационного обеспечения (MapInfo, ArcGis), а также программ, ориентированных на дешифрирование космических снимков и их статистическую обработку (MultiSpec, Erdas Imagine, FragStat).

Выводы:

– картографический метод исследования широко используется в работах сотрудников кафедры по изучению географии биоразнообразия. Он расширяет представления об известных явлениях и позволяет получать новые данные о распространении биоты на видовом и ценоотическом уровнях в раз-

личных природных регионах. Использование возможностей, представляемых новыми источниками информации и технологиями обработки материалов, делает картографический метод незаменимым при изучении разнообразия биоты;

– перспективы биогеографического картографирования и привлекательность картографического метода в исследовании географии биоразнообразия предопределяются постоянным совершенствованием методологических подходов. Эти карты востребованы в научно-исследовательской и практической работе в области решения задач, связанных с изучением, инвентаризацией, сохранением и мониторингом биоразнообразия, определением экологического потенциала и сохранением окружающей среды, в прикладных областях при проектно-исследовательских работах и планировании комплексного развития регионов;

– биогеографические карты нового поколения служат совершенствованию географического и экологического образования на кафедре биогеографии.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках темы НИР по госзаданию «Разнообразие, динамика и мониторинг экосистем в условиях изменений окружающей среды» (№ АААА-А16-116032810082-6). Зоогеографическая составляющая статьи подготовлена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-0029).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л., Агафонова С.А. и др. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна верхней Волги [Электр. ресурс] / Под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб.: ФГБУ «ГТИ», 2015.
- Архипова М.В. Анализ экотопической структуры лесов Среднерусской возвышенности на основе зимней съемки по данным Landsat и данных радарной топографической съемки // Исследования земли из космоса. 2014. № 2. С. 82–89.
- Бочарников М.В. Эколого-фитоценоотическая структура лесного покрова северного макросклона Западного Саяна // Лесоведение. 2015. № 1. С. 10–19.
- Бочарников М.В. Пространственная организация растительного покрова Базовой щели и его крупномасштабное картографирование // Охрана биоты в государственном природном заповеднике «Утриш» // Науч. тр. 2014. Т. 3. Майкоп: ООО «Полиграф-Юг», 2015. С. 107–128.
- Горбунова И.А., Емельянова Л.Г., Леонова Н.Б. Учебная полевая ботанико-географическая практика // Учебная почвенно-биогеографическая практика в средней тайге. М.: географический факультет МГУ, 2014. С. 40–88.
- Дудов С.В. Разнообразие, структура и картографирование растительности высокогорий хребта Тукурингра (Зейский заповедник) // Растительный мир Азиатской России. 2015. Т. 3, № 19. С. 36–48.
- Емельянова Л.Г. Исследование эколого-географической структуры ареалов млекопитающих картографическими методами // Вопросы географии / Моск. отделение РГО. Сб. 134. Актуальная биогеография. М.: Кодекс, 2013. С. 179–193.
- Емельянова Л.Г., Божилкина Е.А., Дычкин М.А. База данных как основа Атласа млекопитающих Архангельской области // Геодезия и картография. 2015. Вып. 4. С. 34–40.
- Емельянова Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование: Учеб. пособие. М.: географический факультет МГУ, 2006. 132 с.
- Зоны и типы пояса растительности России и сопредельных территорий. Карта. М 1:8 000 000 / Под ред. Г.Н. Огуреевой. М.: ЭКОР, 1999.
- Кадетов Н.Г. Опыт использования сеточного картографирования для оценки ценоотического разнообразия // Растительность Восточной Европы и Северной Азии: Мат-лы Междунар. науч. конф. (Брянск, 29 сентября – 3 октября 2014 г.). Брянск: ГУП «Брянское полиграфическое объединение», 2014. 66 с.
- Леонтьева О.А. География биоразнообразия земноводных и пресмыкающихся. География, общество, окружающая среда. Т. 3. Природа, ресурсы, их использование и охрана / Под ред. А.Н. Геннадиева, Д.А. Кривоулицкого. М.: Городец, 2004. С. 503–510.
- Липка О.Н. Высотно-поясная структура растительности и ботаническое разнообразие хребта Маркотх (Северо-Западный Кавказ) // Деп. ВИНТИ № 168 от 17. 02. 2006.
- Малхазова С.М., Мяло Е.Г., Огуреева Г.Н., Леонова Н.Б. Биогеографическая школа // Географические научные школы Московского университета. М.: Городец, 2008. С. 282–324.
- Микляев И.А., Микляева И.М., Алейников А.А. и др. Дешифрирование космических снимков острова Вайгач для выявления современного состояния компонентов ландшафтов и прогноза их возможной динамики / Использование и охрана природных ресурсов в России // Науч.-информ. и проблемно-анал. бюл. 2014. № 1(133). С. 54–59.
- Огуреева Г.Н. Эколого-географический подход к изучению разнообразия и организации наземных экосистем // Вопр. географии. Сб. 134. Актуальная биогеография. М.: Кодекс, 2012. С. 58–80.
- Огуреева Г.Н., Бочарников М.В., Белявский Д.С., Микляева И.М. Современное состояние растительного покрова бассейна Верхней Зеи вдоль трассы Байкало-Амурской магистрали (БАМ), его ландшафтнозащитные и ресурсные функции // Биогеография. Мат-лы Моск. отделения РГО. М., 2015. С. 61–72.
- Огуреева Г.Н., Котова Т.В. Картографирование биоразнообразия // География и мониторинг биоразнообразия. М.: НУМЦ, 2002. С. 371–419.
- Огуреева Г.Н., Котова Т.В., Емельянова Л.Г. Экологическое картографирование: Учеб. пособие. М.: географический факультет МГУ, 2010. 160 с.

Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Боcharников М.В. и др. Пространственная организация и разнообразие степей Восточной Монголии // *Аридные экосистемы*. 2011. Т. 17, № 1(46). С. 14–25.

Серегин А.П. Флора Владимирской области: анализ данных сеточного картографирования. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 441 с.

Солдатов М.С. Принципы создания карты «Рыбы внутренних вод» для Национального атласа России // *Биогеография*

в Московском университете. 60 лет кафедре биогеографии. М.: ГЕОС, 2008, С. 176–180.

Суслова Е.Г., Рец Е.П. Растительность полуострова Абрау и ее отображение на крупномасштабной геоботанической карте / Биоразнообразие государственного природного заповедника «Утриш» // *Науч. тр.* Т. 1. Анапа, 2013. С. 66–77.

Поступила в редакцию 01.06.2016

Принята к публикации 02.06.2016

**G.N. Ogureeva¹, M.V. Bocharnikov², L.G. Emelyanova³, N.G. Kadetov⁴, N.B. Leonova⁵,
O.A. Leontjeva⁶, I.M. Miklyaeva⁷, V.Yu. Rumiantsev⁸, M.S. Soldatov⁹, E.G. Suslova¹⁰**

MAPPING OF BIOLOGICAL DIVERSITY

The article deals with modern trends in the development of biota mapping at the MSU Department of Biogeography. In the recent decade the increasing interest in biodiversity conservation, inventory, monitoring and assessment has contributed to the formation of a special thematic line in the biogeographic mapping. The thematic spectrum of maps and their scale range are permanently expanding. Small-scale overview maps show biota as a whole (e.g. «Zones and types of vegetation belts within the mountains of Russia», «Biomes of Russia»). Regional level of biodiversity assessment is demonstrated by numerous medium-scale maps, including regional atlases. Landscape-level investigations of biota and ecological-geographic differentiation of biodiversity are displayed on large-scale maps drawn for natural reserves, national parks and model study areas. The biodiversity assessment is supported by creation of databases on separate groups of organisms for the whole country or particular regions using the remote sensing data and GIS-technologies. The article discusses the problems of complex biodiversity mapping based on the ecological and geographical approach to the characteristic of vegetation and animal population. It highlights the role of biota mapping in the educational process at the MSU Department of Biogeography.

Key words: geography of biodiversity, mapping levels, biota, taxonomic and coenotic diversity, geographical and ecological education.

Acknowledgements. The study was implemented within the State Task theme: «Diversity, dynamics and monitoring of ecosystems under environment changes» N AAAA-A16-116032810082-6. The zoogeographical part of the study was financially supported by the Russian Scientific Foundation (project N 14-50-00029).

REFERENCES

Alekseevskij N.I., Frolova N.L., Agafonova S.A. et al. Nauchno-prikladnoj spravochnik: Osnovnye gidrologicheskie harakteristiki rek bassejna Verhnej Volgi (Jelektronnyj resurs) / Pod red. V.Ju. Georgievskogo. [Research and application handbook: basic hydrological characteristics of the Upper Volga basin rivers [electronic resource], SPb., FGBU «GGI», 2015 (in Russian).

Arkhipova M.V. Analiz jekotopicheskoj struktury lesov Srednerusskoj vozvysennosti na osnove zimnej s'emki po dannym

Landsat i dannyh radarnoj topograficheskoy s'emki [Analysis of the forest habitat structure at the Central Russian upland on the basis of the winter shooting according to Landsat and radar survey data], Issledovaniya zemli iz kosmosa, 2014, no 2, pp. 82–89 (in Russian).

Bocharnikov M.V. Jecologo-phytozenoticheskaja organizatija boreal lesov ziclonicheskogo sektora Zapadnogo Sajana [Ecology-phytocoenotic organization of the boreal forests of cyclonic sector

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, D.Sc. in Geography; *e-mail*: ogur02@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: maxim-msu-bg@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail*: biosever@yandex.ru

⁴ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Scientific Researcher; *e-mail*: biogeonk@mail.ru

⁵ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: nbleonova2@gmail.com

⁶ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Biology; *e-mail*: leontolga@mail.ru

⁷ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail*: inessa-miklyaeva@yandex.ru

⁸ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: vyurum@biogeo.ru

⁹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; *e-mail*: soldatov@biogeo.ru

¹⁰ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Associate Professor, PhD. in Geography; *e-mail*: lena_susl@mail.ru

of the Western Sayan], Russian journal of forest science, 2015, no 1, pp. 10–19 (in Russian).

Bocharnikov M.V. Prostranstvennaja organizacija rastitel'nogo pokrova Bazovoj shheli i ego krupnomasshtabnoe kartografirovanie [Spatial organization of the Base gap vegetation cover and its large-scale mapping], *Okhrana bioty v gosudarstvennom prirodnom zapovednike «Utrish»*, Nauchnye trudy. T. 3. 2014. Majkop, OOO «Poligraf-JuG», 2015, pp. 107–128 (in Russian).

Dudov S.V. Raznoobrazie, struktura i kartografirovanie rastitel'nosti vysokogorij hrebta Tukuringra (Zejskij zapovednik) [Diversity, structure and mapping of vegetation of highlands at the Tukuringra ridge (Zeya Reserve)], *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii*, 2015, Vip. 3, no 19, pp. 36–48 (in Russian).

Emelyanova L.G. Issledovanie jekologo-geograficheskogo struktury arealov mlekipitajushhih kartograficheskimi metodami [The study of ecological and geographical structure of the mammalian areas by mapping methods], *Voprosy geografii*, Mosk. otdelenie RGO, Sb. 134, Aktual'naja biogeografija, Moscow, Kodeks, 2013, pp. 179–193 (in Russian).

Emejjanova L.G., Bozhilina E.A., Dychkin M.A. Baza dannyh kak osnova Atlasa mlekipitajushhih Arhangel'skoj oblasti [Database as a basis for Atlas of mammals of Arkhangelsk oblast], *Geodezija i kartografija*, 2015, vip. 4, pp. 34–40 (in Russian).

Emelyanova L.G., Ogureeva G.N. Biogeograficheskoe kartografirovanie. Uchebnoe posobie. [Biogeographical mapping. Tutorial], Moscow, geograficheskij fakul'tet MGU, 2006, 132 p. (in Russian).

Gorbunova I.A., Emelyanova L.G., Leonova N.B. Uchebnaja polevaja botaniko-geograficheskaja praktika // Uchebnaja pochvenno-biogeograficheskaja praktika v srednej tajge / [Training Field botanical and geographic practice. In: Training practice on soils and biogeography in the middle taiga], Moscow, geograficheskij fakul'tet MGU, 2014, pp. 40–88 (in Russian).

Kadetov N.G. Opyt ispol'zovaniya setochnogo kartografirovaniya dlya otsenki tsenoticheskogo raznoobrazija [Experience in the use of grid mapping for the assessment of coenotic diversity], *Rastitel'nost' Vostochnoi Evropy i Severnoi Azii. Materialy Mezhd. nauchn. konf. (Bryansk, 29 sentyabrya – 3 oktyabrya 2014 g.)*, Bryansk: GUP «Bryanskoe poligraficheskoe ob'edinenie», 2014, p. 66 (in Russian).

Leont'eva O.A. Geografija bioraznoobrazija zemnovodnyh i presmykajushhihsja. [Geography of amphibians and reptiles biodiversity], *Geografija, obshhestvo, okruzhajushhaja sreda*. T. 3. Priroda, resursy, ih ispol'zovanie i okhrana, pod red. A.N. Gennadieva, D.A. Krivolutskogo, Moscow, Gorodec, 2004, pp. 503–510 (in Russian).

Lipka O.N. Vysotno-poyasnaya struktura rastitel'nosti i botanicheskoe raznoobrazie khrebta Markotkh (Severo-Zapadnyi Kavkaz) [High-zone structure of the vegetation and Botanical diversity of the Markotkh mountain range (North-Western Caucasus)], *Dep. v VINITI N 168 ot 17. 02. 2006* (in Russian).

Malhazova S.M., Mjalo E.G., Ogureeva G.N., Leonova N.B. Biogeograficheskaja shkola // Geograficheskie nauchnye shkoly Moskovskogo universiteta. [Biogeographical School / Geographical scientific school of Moscow University], Moscow, Gorodec, 2008, pp. 282–324 (in Russian).

Mikljaev I.A., Mikljaeva I.M., Alejnikov A.A. et al. Deshifirovanie kosmicheskikh snimkov ostrova Vajgach dlja vyjavlenija sovremennogo sostojanija komponentov landshaftov i prognoza ih vozmozhnoj dinamiki [Deciphering of space imagery of the Vajgach island for identification of the landscape components modern state and their possible forecast of dynamics], *Ispol'zovanie i okhrana prirodnyh resursov v Rossii*, Nauchno-informacionnyj i problemno-analiticheskij bjulleten', 2014, no 1(133), pp. 54–59 (in Russian).

Ogureeva G.N. Jekologo-geograficheskij podhod k izucheniju raznoobrazija i organizacii nazemnyh jekosistem [Ecological and geographical approach to the study of diversity and organization of terrestrial ecosystems], *Voprosy geografii*, Mosk. otdelenie RGO, Sb. 134, Aktual'naja biogeografija, Moscow, Kodeks, 2012, pp. 58–80 (in Russian).

Ogureeva G.N., Bocharnikov M.V., Beljavskij D.S., Mikljaeva I.M. Sovremennoe sostojanie rastitel'nogo pokrova bassejna Verhnej Zei vdol' trassy Bajkalo-Amurskoj magistrali (BAM), ego landshaftnozaschhitnye i resursnye funkcii [The present state of vegetation cover at the Upper Zeya basin along the Baikal-Amur Mainline (BAM), its landscape protective and resource functions], *Biogeografija*, Mat-ly Moskovskogo otdelenia RGO, Moscow, 2015, pp. 61–72 (in Russian).

Ogureeva G.N., Kotova E.V. Kartografirovanie bioraznoobrazija [Biodiversity mapping], *Geografija i monitoring bioraznoobrazija*, Moscow, NUMC, 2002, pp. 371–419 (in Russian).

Ogureeva G.N., Kotova T.V., Emelyanova L.G. Jekologicheskoe kartografirovanie. Uchebnoe posobie [Ecological mapping. Tutorial], Moscow, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2010, 160 p. (in Russian).

Ogureeva G.N., Mikljaeva I.M., Bocharnikov M.V. et al. Prostranstvennaja organizacija i raznoobrazie stepej Vostochnoj Mongolii, [The Spatial Organization and Diversity of Eastern Mongolian Steppes], *Aridnye ekosistemy*, 2011, vol. 1, no 1, pp. 29–37 (in Russian).

Seregin A.P. Flora Vladimirskoj oblasti: analiz dannyh setochnogo kartografirovaniya. [Flora of the Vladimir oblast: the analysis of the data of the grid mapping], Moscow, Tov-vo nauchn. izd. KMK, 2014, 441 p. (in Russian).

Soldatov M.S. Principy sozdaniya karty «Ryby vnutrennih vod» dlja Nacional'nogo atlasa Rossii [Principles of creating map «Fishes of inland waters» for the National Atlas of Russia], *Biogeografija v Moskovskom universitete. 60 let kafedre biogeografii*, Moscow, GEOS, 2008, pp. 176–180 (in Russian).

Suslova E.G., Rec E.P. Rastitel'nost' poluostrova Abrau i ee otobrazhenie na krupnomasshtabnoj geobotanicheskoy karte [Vegetation of the Abrau peninsula and its display on a geobotanical large-scale map], *Bioraznoobrazie gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Utrish»*, Nauchnye trudy, vip. 1, 2012, Anapa, 2013, pp. 66–77 (in Russian).

Zony i tipy pojasnosti rastitel'nosti Rossii i sopredel'nyh territorij. Karta [Map «Zones and types of vegetation belts of Russia and adjacent territories» M 1:8 000 000], pod red. G.N. Ogureevoj, Moscow, JeKOR, 1999 (in Russian).

Received 01.06.2016

Accepted 02.06.2016

УДК 911.2; 574.9

А.В. Бобров¹, А.А. Юрманов², М.С. Романов³

РЕКОНСТРУКЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АРЕАЛА РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА МОНИМИЕВЫЕ: МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Выполнен комплексный кладистический анализ молекулярно-генетических и морфологических данных о семействе Monimiaceae. На основании результатов, полученных при изучении представителей семейства из всех частей ареала, и литературных данных, воссозданы гипотетические пути расселения семейства. Наиболее древняя часть ареала Monimiaceae – территория современной Африки, откуда, с одной стороны, через Антарктиду представители монимиевых заселили Южную Америку, а с другой – через Аравийский п-ов и Шри-Ланку проникли в Юго-Восточную Азию, Австралию, затем на Новую Зеландию, Новую Каледонию, а оттуда на Мадагаскар.

Ключевые слова: история расселения, кладистический анализ, семейство Monimiaceae, молекулярно-генетические данные.

Введение. Молекулярная филогенетика – синтетическая естественно-научная дисциплина, выявляющая родственные связи между таксонами организмов на основании изучения последовательностей нуклеотидов в отдельных фрагментах нуклеиновых кислот – ДНК и РНК [Judd et al., 2016; Wiley, Lieberman, 2011]. Результат молекулярно-генетического анализа – филогенетическое древо, формализованное в виде кладограммы – схемы последовательных дивергенций эволюционирующей группы. В настоящее время можно считать общепризнанной концепцию, что данные молекулярно-генетического анализа отражают гипотетический ход эволюции исследуемых организмов [Judd et al., 2016; Wiley, Lieberman, 2011].

Метод молекулярно-генетического анализа широко востребован в биогеографии [Crisci et al., 2003; Heads, 2012, 2013]. Анализ эволюционных взаимосвязей различных таксонов ключевых семейств цветковых растений позволяет реконструировать процессы их расселения и создать модели трансформации биогеосистем во времени и пространстве [Crisci et al., 2003]. Целью нашего исследования была реконструкция формирования ареала семейства монимиевые [Monimiaceae] – одного из наиболее полиморфных семейств архаичных цветковых растений [Perkins, Gilg, 1901; Philipson, 2003; Takhtajan, 2009] – на основе комплексного молекулярно-генетического и морфологического анализа.

Таксономический состав семейства Monimiaceae в настоящее время можно считать общепризнанным; в него включают 27–28 родов, охватывающих 200–270 видов [Philipson, 1993; Stevenson, 2001]. Семейство образовано 2 подсемействами: *Hortonioidae* (включает единственный род *Hortonia*)

и *Monimioideae*, распадающимся на 3 трибы: *Hedycaryeae* (7 родов – *Xymalos*, *Decarydendron*, *Ehippiandra*, *Tambourissa*, *Hedycarya*, *Kibaropsis*, *Levieria*), *Monimieae* (3 рода – *Peumus*, *Monimia*, *Palmeria*) и *Mollinedieae* (17 родов – *Austromatthaea*, *Endressia*, *Hemmantia*, *Matthaea*, *Stegantthera*, *Tetrasyndra*, *Hennecartia*, *Macropheplus*, *Macrotorus*, *Mollinedia*, *Graziellanthus*, *Wilkiea*, *Kairoa*, *Faika*, *Kibara*, *Parakibara*, *Lauterbachia*) [Philipson, 1993; Renner, 1998; Renner, Chanderbali, 2000; Stevenson, 2001].

Монимиевые – древесные растения с супротивными листьями без прилистников, с собранными в соцветия однополыми или обоеполыми обычно полимерными цветками [Perkins, Gilg, 1901; Philipson, 1986, 1993; Takhtajan, 2009]. Плод – костянка из свободных или заключенных в разросшееся цветоложе плодиков (чаще красных, оранжевых или черных); перикарпий дифференцированный [Romanov et al., 2007].

Представители семейства *Monimiaceae* обитают во влажных вечнозеленых тропических и субтропических лесах, поднимаясь в горы до 3000 м над уровнем моря, но некоторые виды произрастают в сухих лесах или саваннах; обычно они растут в подлеске, реже в нижнем древесном ярусе или участвуют в сложении лесного полога [Lorence, 1985; Philipson, 1986, 1993; Whiffin, Foreman, 2007]. Репродуктивная биология Monimiaceae до сих пор исследована недостаточно [Lorence, 1985; Philipson, 1986, 1993; Whiffin, Foreman, 2007]. Цветки с сильным запахом, хотя часто мелкие (диаметром до 1 мм) и невзрачные, собраны в многоцветковые соцветия, могут привлекать насекомых. Реже цветки крупные и сегменты перианта (околоцветника) лепестковид-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, профессор, докт. биол. н., профессор РАН; e-mail: avfch_bobrov@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии, бакалавр; e-mail: yurmanov-anton.ya.ru@yandex.ru

³ Главный ботанический сад РАН, заведующий отделом тропических и субтропических растений, канд. биол. н.; e-mail: romanovmikhael@hotmail.com

ные (у *Tambourissa perrieri* Drake длиной до 3,5 см [Lorence, 1985]). Тычиночные железки, а также каулифлория указывают на энтомофилию многих представителей семейства; кроме того, большинство видов произрастает в подлеске, где анемофилия маловероятна, но достоверные сведения о посещении цветков животными отсутствуют. Плодики монимиевых, вероятно, привлекают птиц и переносятся ими, однако, достоверные наблюдения известны только для *Hedycarya arborea* J.R. Forst. & G. Forst [Philipson, 1993].

Основное разнообразие Monimiaceae сосредоточено в Юго-Восточной Азии, а также в Восточной Австралии, где представлены эндемичные роды *Austromatthaea*, *Endressia*, *Hemmantia*, *Steganthera*, *Tetrasynandra* (и род *Wilkiea*, ареал которой охватывает и Новую Гвинею) [Whiffin, Foreman, 2007]. К эндемикам Новой Гвинеи относятся роды *Kairoa*, *Faika*, *Lauterbachia*; на Новой Гвинее встречается и род *Kibara*, но его ареал простирается от Никобарских о-вов и Таиланда до Филиппин и Квинсленда [Philipson, 1986]. Широко распространены в Малайзии роды *Matthaea* (Филиппины, Таиланд, Малайя, Суматра) и *Steganthera* (Сулавеси, Соломоновы о-ва, Квинсленд); ареал рода *Parakibara* ограничен о-вом Хальмахера [Philipson, 1986]. В Новом Свете очень широко распространен род *Mollinedia* (Центральная Америка и северная часть Южной Америки), менее широко – род *Hennecartia* (Парагвай, юг Бразилии, северо-восток Аргентины); во флоре Бразилии также представлены роды *Macropeplus*, *Macrotorus* и *Graziellanthus* [Philipson, 1993]. Интересен ареал родов трибы *Monimieae*: *Peumus* встречается на юге территории Чили; на Маврикии и Реюньоне произрастает род *Monimia*, а ареал *Palmeria* охватывает Новую Гвинею, Сулавеси и Восточную Австралию [Philipson, 1993]. В Африке семейство представлено родом *Xymalos* (триба *Hedycaryeae*) с обширным, но фрагментированным ареалом (Судан, Южная Африка, вулкан Камерун, о-в Биоко) [Philipson, 1993]. На Мадагаскаре представлены 3 рода этой же трибы – *Decarydendron*, *Ephippiandra*, *Tambourissa*, ареал последнего охватывает также Маскаренские о-ва [Lorence, 1985]. Род *Kibaropsis* распространен на Новой Каледонии, так же, как и *Hedycarya*, ареал которой, кроме того, охватывает Новую Зеландию, восток Австралии и Фиджи; род *Levieria* представлен в Квинсленде, на Новой Гвинее и Сулавеси [Philipson, 1993]. Ареал рода *Hortonia* (подсемейство *Hortonioidae*) включает Шри-Ланку [Perkins, Gilg, 1901; Philipson, 1993].

Ископаемые остатки монимиевых немногочисленны. Фоссилии из верхне-сенонских отложений восточной части Капской провинции – *Hedycaryoxylon hortonioides* Mädel [Renner et al., 2010], а также из верхнего мела на о-ве Джеймса Росса у берегов Антарктиды – *Hedycaryoxylon tambourissoides* Poole & Gottwald [2001], несомненно, относятся к Monimiaceae. Кроме того, описаны палеолеса из раннего олигоцена Омана, образован-

ные вымершим видом *Xymaloxylon zeltenense* Louvet [Knight, Wilf, 2013]. На границе палеоцена и эоцена на о-ве Кинг Джордж у берегов Антарктиды обнаружены отпечатки листьев *Monimiophyllum antarcticum* Zastawniak [Renner et al., 2010]. Показательно, что даже самые северные находки из верхнеэоценовых отложений Германии – *Hedycaryoxylon subaffine* Vater и *Hortoniioxylon henericiungeri* Gottwald – очень сходны с современными *Hortonia* и *Hedycarya* [Renner et al., 2010].

Подытоживая краткий обзор морфологии, экологии и географии Monimiaceae, можно заключить, что имеющиеся данные не позволяют сформулировать достоверную концепцию о процессах расселения семейства, хотя подобные попытки и предпринимались ранее, в том числе с привлечением данных молекулярно-генетического анализа [Renner, Chanderbali, 2000; Renner et al., 2010]. Комплексные (морфологические и «молекулярные») исследования филогенеза монимиевых позволяют предложить верифицируемую модель формирования их современного ареала.

Материалы и методы исследований. Для реконструкции формирования ареала семейства Monimiaceae проанализированы представители 18 родов этого семейства, распространенные в разных частях ареала. Объектами исследования были 20 видов [The Plant List, 2016, <http://www.theplantlist.org/>]: *Hortonia floribunda* Wight ex Arnott, *Xymalos monospora* (Harv.) Baill.*, *Decarydendron ranomafanensis* Lorence & Razafim.*, *Ephippiandra madagascariensis* (Danguy) Lorence*, *Tambourissa amplifolia* (Bojer ex Tul.) A.DC.*, *Hedycarya arborea* J.R. Forst. & G. Forst.*, *H. angustifolia* A. Cunningh.*, *H. cupulata* Baill., *Kibaropsis caledonica* (Guillaumin) J. Jérémie, *Peumus boldus* Molina*, *Monimia amplexicaulis* Lorence, *Palmeria foremanii* Whiffin, *Austromatthaea elegans* L.S. Sm.*, *Steganthera macoorai* (F.M. Bailey) P.K. Endress, *Hennecartia omphalandra* Poiss.*, *Macropeplus ligustrinus* (Tul.) Perkins var. *frburgensis* Perkins, *Mollinedia widgrenii* A. DC., *Graziellanthus arkeocarpus* Peixoto & Per.-Moura, *Wilkiea huegeliana* [(Tul.) A. DC.], *Kibara moluccana* Boerl. ex Perkins*. В качестве внешней группы (outgroup) выбран *Gyrocarpus americanus* Jacq.* из семейства *Hernandiaceae* (сестринского по отношению к Monimiaceae: APG IV, 2016; Stevens, 2001). Для молекулярно-генетического анализа были выбраны следующие гены: ITS 1 (internal transcribed spacer 1), 5.8S rRNA (5.8S ribosomal RNA gene) и ITS 2 (internal transcribed spacer 2), которые отсеквенированы у всех таксонов, приведенных в списке выше. Другой ген – *rbcl* (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase large subunit gene) – представлен в GenBank [2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>] лишь у таксонов, отмеченных в приведенном выше списке звездочкой (*). Молекулярно-генетических данных не хватило для создания единой кладограммы всех изученных видов, поэтому пришлось создавать «мо-

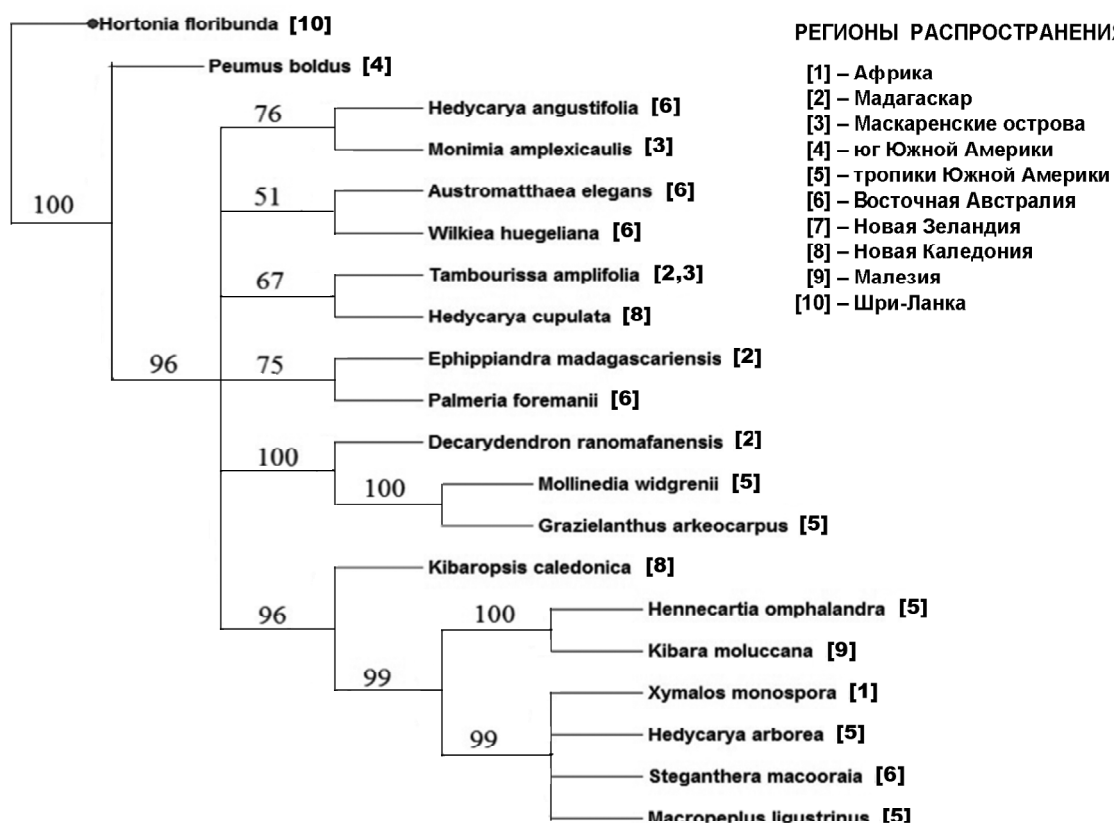


Рис. 1. «Молекулярно-генетическая» кладограмма представителей семейства Monimiaceae

Fig. 1. Cladogram of Monimiaceae based on molecular data

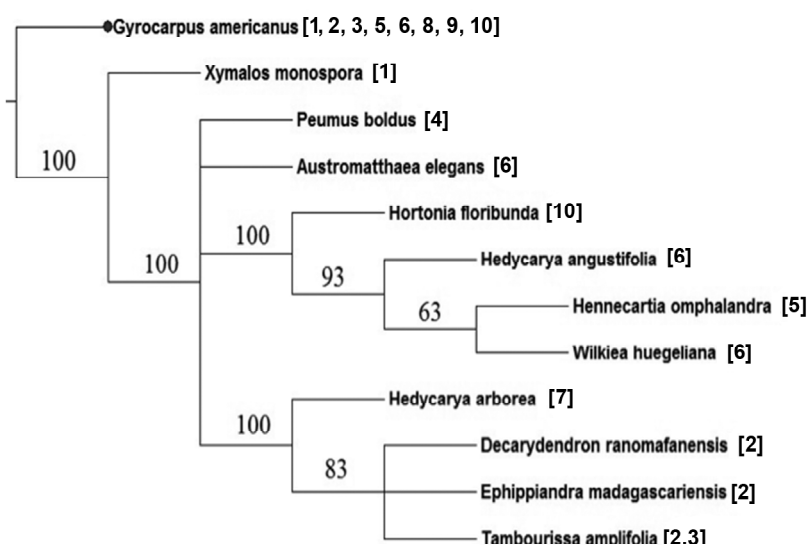
лекулярные» и комплексные кладограммы отдельно для двух групп видов.

Основной метод нашего исследования – создание кладограмм, отражающих филогенетические взаимосвязи между таксонами, что достигается комбинацией молекулярно-генетических и морфологических методов [Hall, 2011; Wiens, 2000; Wiley, Lieberman, 2011]. Для наибольшей достоверности реконструкции формирования ареала Monimiaceae созданы три модели филогенетических взаимоотношений: молекулярно-генетическая, морфологическая и комплексная (комбинированная).

На основе данных о последовательностях нуклеотидов из GenBank построены «молекулярно-генетические» кладограммы для: 1) 20 видов монимиевых (рис. 1) и 2) *Gyrocarpus americanus* + 11 видов Monimiaceae (рис. 2). Для оценки достоверности построенных кладограмм использован бутстрэп-анализ (bootstrap analyze); узлы с бутстрэпом 80–100 считаются высоко вероятными, показатель бутстрэпа >65 рассматривается в качестве допустимого [Hall, 2011; Wiley, Lieberman, 2011].

С целью создания альтернативной схемы эволюционных связей

изученных таксонов была построена «морфологическая» кладограмма (рис. 3), в основу которой положены таблицы морфологических признаков [Wiens, 2000]. У каждого исследованного таксона изучено по 27 морфологических признаков на основе оригинальных материалов, собранных авторами в Индонезии, Новой Каледонии, Ка-

Рис. 2. «Молекулярно-генетическая» кладограмма представителей семейства Monimiaceae и *Gyrocarpus* (внешняя группа), [1–10] – см. на рис. 1Fig. 2. Cladogram of Monimiaceae and *Gyrocarpus* (an outgroup) based on molecular data (1–10 – see fig. 1)

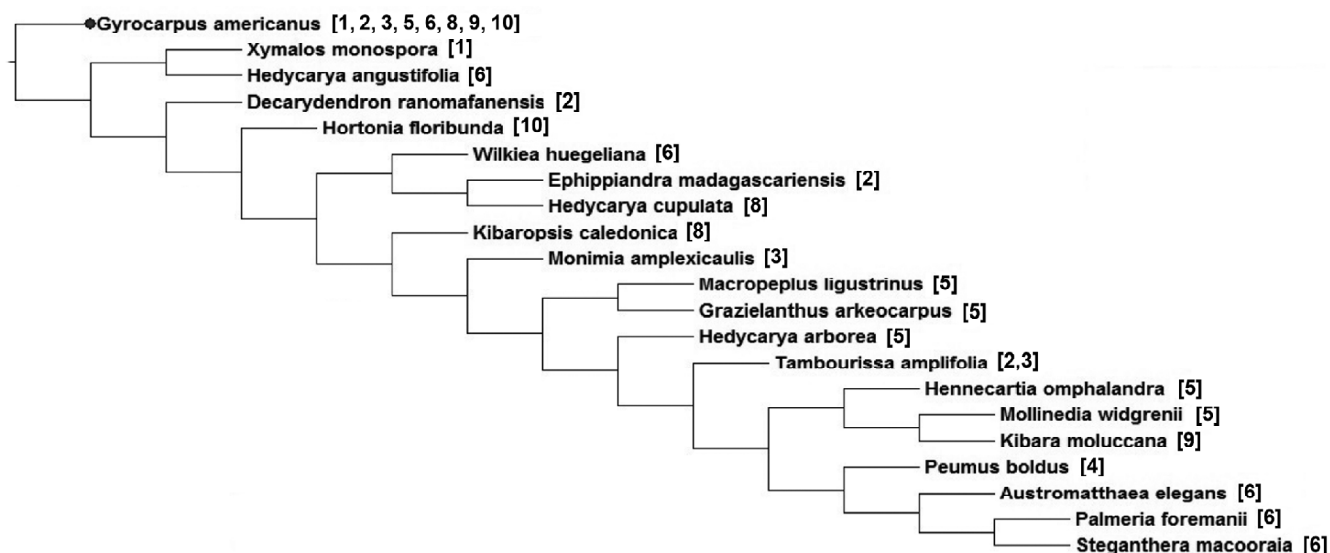


Рис. 3. «Морфологическая» кладограмма представителей семейства Monimiaceae и *Gyrocarpus* (внешняя группа), [1–10] – см. на рис. 1

Fig. 3. Cladogram of Monimiaceae and *Gyrocarpus* (an outgroup) based on morphological data (1–10 – see fig. 1)

меруне, Габоне, и отчасти по литературным данным. Выбраны как количественные (число сегментов перианта, тычинок и карпелл, число семядолей и др.), так и качественные (жизненная форма, особенности листовой пластинки, тип перикарпия, наличие сочного придатка плода и др.) признаки.

Комплексные (или комбинированные) кладограммы (рис. 4, 5) получены в результате объедине-

ния data matrix обоих типов – «молекулярно-генетических» и «морфологических» [Hall, 2011; Judd et al., 2016; Wiley, Lieberman, 2011].

Результаты исследований и их обсуждение.

Топологии полученных «морфологической» и «молекулярных» кладограмм различаются достаточно сильно. С одной стороны, «молекулярными» кладограммами более достоверно поддерживаются роды, с другой – «морфологическая» кладограмма содер-

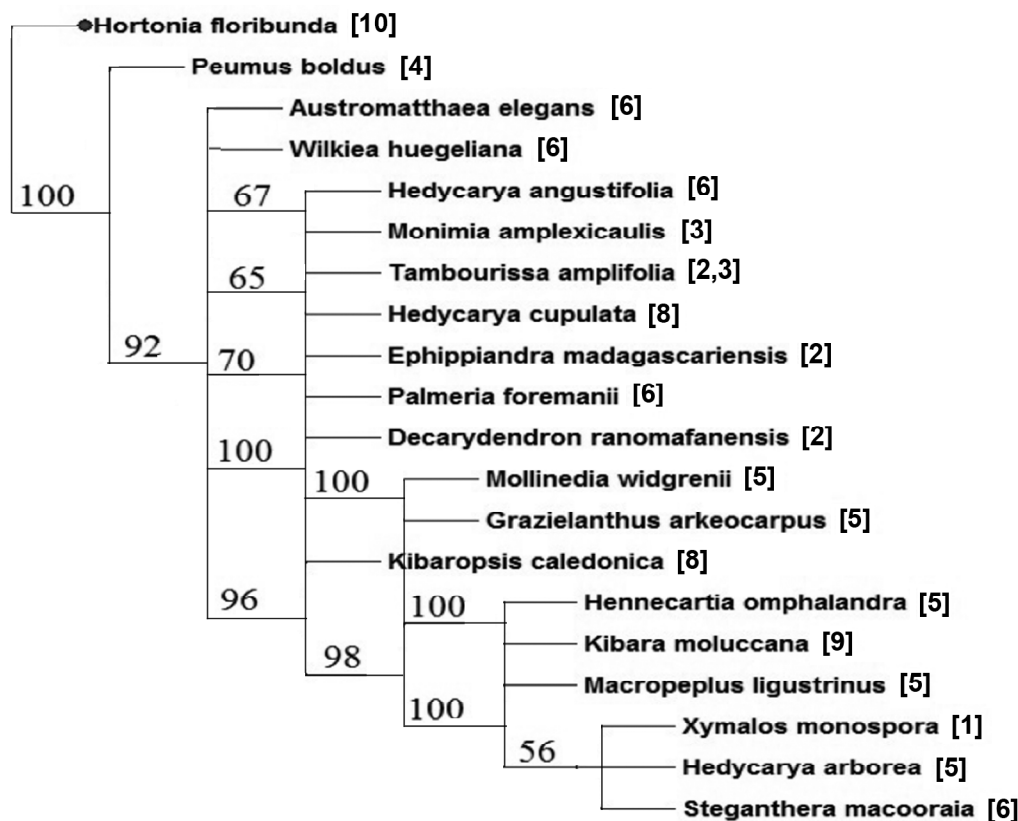
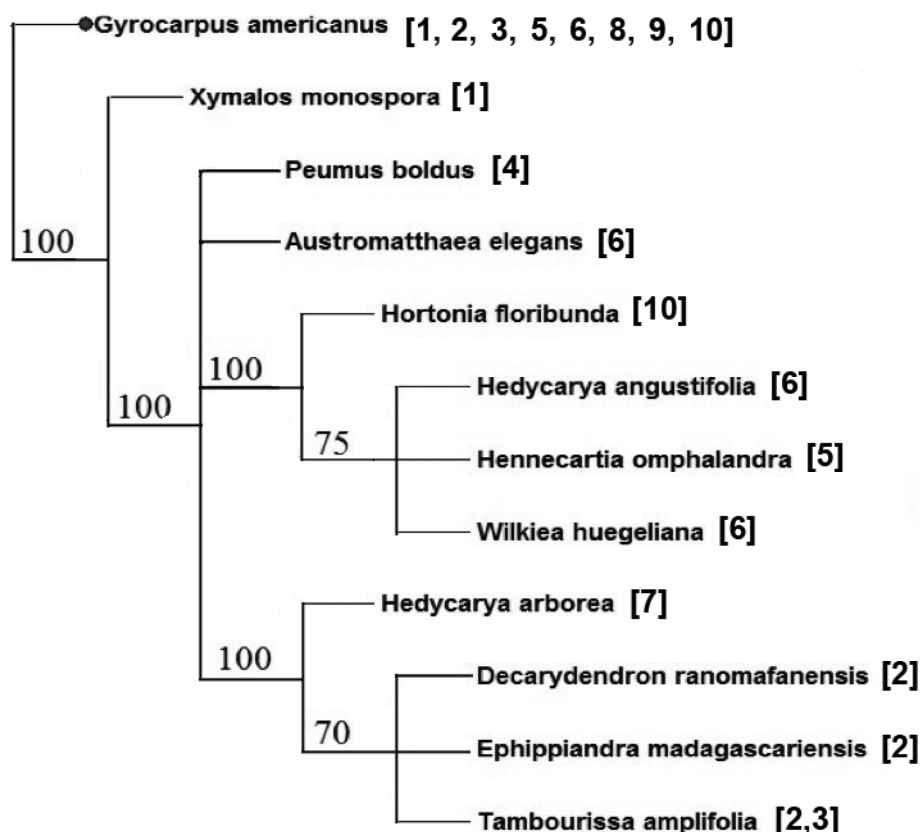


Рис. 4. Комплексная кладограмма представителей семейства Monimiaceae, [1–10] – см. на рис. 1

Fig. 4. Cladogram of Monimiaceae based on molecular and morphological data (1–10 – see fig. 1)

Рис. 5. Комплексная кладограмма представителей семейства Monimiaceae и *Gyrocarpus* (внешняя группа), [1–10] – см. на рис. 1Fig. 5. Cladogram of Monimiaceae and *Gyrocarpus* (an outgroup) based on molecular and morphological data (1–10 – see fig. 1)

жит меньше политомий⁴. В дальнейшем проанализированы комплексные кладограммы (рис. 4, 5), в которых недостатки обеих предыдущих моделей должны быть минимизированы [Hall, 2011; Wiens, 2000; Wiley, Lieberman, 2011]. Топологии комплексных кладограмм сильно отличаются от «молекулярных», а также друг от друга. Хотя вторая комплексная кладограмма (рис. 5) включает меньшее число таксонов, чем первая, но именно она положена в основу оригинального сценария расселения Monimiaceae, так как, во-первых, она содержит внешнюю группу (род *Gyrocarpus*); во-вторых, бутстрэп всех узлов составляет >70; в-третьих, эта кладограмма содержит меньше политомий, и, наконец, в-четвертых, базальное (т.е. исходное в эволюции семейства) положение рецентного африканского рода *Xymalos* на этой кладограмме согласуется с нахождением древнейших фоссилий Monimiaceae в Южной Африке, датируемых началом позднего мела (100 млн лет назад) [Renner et al., 2010].

Весьма вероятно, что стартовые этапы расселения монимиевых реализовывались в рамках «викарного алгоритма» [Crisci et al., 2003; Heads, 2012, 2013] и были связаны с распадом Западной Гондваны, т.е. с разделением Африки и Южной Америки около 100–110 млн лет назад [Renner et al., 2010]. На территориях Восточной Гондваны, в состав ко-

торой входили Австралия, Антарктида, Мадагаскар и Индия, формирование ареала Monimiaceae протекало, вероятно, уже в результате дальней транспортировки (long-distance dispersal) [Crisci et al., 2003; Heads, 2012, 2013; Renner et al., 2010], что согласуется с полученными нами результатами.

Созданная нами модель расселения семейства Monimiaceae (рис. 6) базируется на комплексной кладограмме (рис. 5) и известных палеоботанических данных. Исходя из базального положения *Xymalos* (рис. 5) мы можем предположить, что регионом происхождения и расселения семейства Monimiaceae была Африка. Предок современного *Xymalos* возник именно там, вероятно, на юге континента, после чего начал распространяться на север материка (рис. 6, 1). Также весьма вероятно, что заселение монимиевыми Южной Америки (рис. 6, 2) произошло через Антарктиду не позднее, чем в конце мелового периода [Poole, Gottwald, 2001], результатом чего стало возникновение рода *Peumus*. Позднее ареал монимиевых в Южной Америке смещался севернее (рис. 6, 3) вслед за изменениями климата, так происходило возникновение и расселение родов *Mollinedia*, *Grazielanthus*, *Hennecartia*, *Macropeplus*.

Анализ ископаемых представителей семейства монимиевых из Омана позволяет предположить, что

⁴ Политомия – разветвление линии кладограммы на три и более производных – рассматривается как менее достоверный модус по сравнению с дихотомией, отражающей классический (дарвиновский) модус эволюции – дивергенцию [Wiens, 2000].

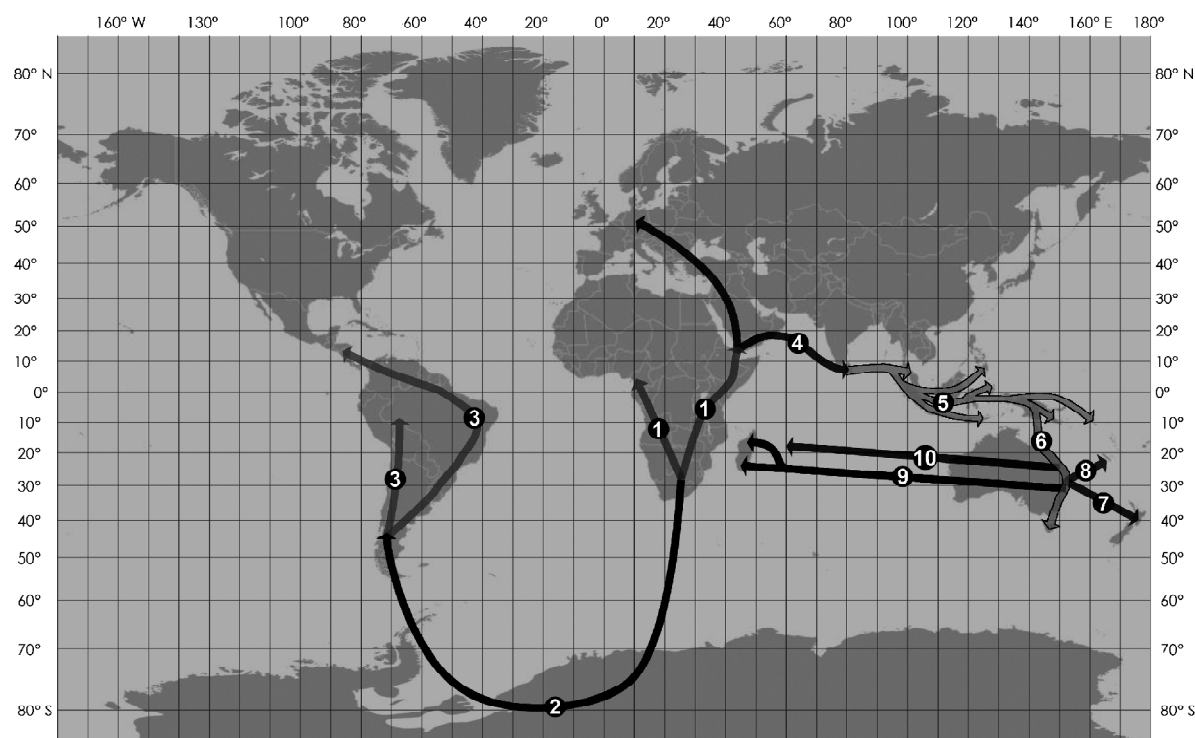


Рис. 6. История расселения представителей семейства Monimiaceae, [1–10] – см. на рис. 1

Fig. 6. Model of the Monimiaceae family dispersion (1–10 – see fig. 1)

для проникновения из Африки в Австралию древнейшие монимиевые должны были расселяться вдоль побережья Восточной Африки и Южной Азии (рис. 6, 4), где «осел» архаичный олиготипный род *Hortonia* – эндемик Шри-Ланки. Находки вымерших Monimiaceae в Германии свидетельствуют о том, что ареал семейства еще в позднем эоцене был гораздо обширнее современного и простирался до Европы.

Согласно модели филогенетических взаимоотношений исследованных таксонов ареал семейства позднее расширился на восток (рис. 6, 5, 6) до нынешней Малазии (*Kibara*) и далее в Австралию (*Hedycarya*, *Palmeria*, *Austromatthaea*, *Steganthera*, *Wilkiea*) [Whiffin, Foreman, 2007]. Новая Зеландия и Новая Каледония (рис. 6, 7, 8) были заселены из Австралии (предками или уже самим возникшим родом *Hedycarya*). Мадагаскар (*Decarydendron*, *Ehippiandra*, *Tambourissa*) и, вероятно позднее, Маскаренские о-ва (виды *Tambourissa*) были заселены монимиевыми из Новой Каледонии (*Kibaropsis*, *Hedycarya*) или из Восточной Австралии (рис. 6, 9, 10). Так как в Австралии до аридизации климата монимиевые вполне могли иметь очень широкий ареал, включающий Западную Австралию (где сейчас они отсутствуют), что при раннетретичном положении континентов позволяло агентам диссеминации добраться до Мадагаскара. Описанные процессы расселения Monimiaceae в Восточном полушарии происходили, вероятно, в результате дальней транспортиров-

ки диаспор (плодов, плодиков или их фрагментов, отдельных семян), осуществляемой птицами [Money et al., 1950].

Выводы:

- род *Xymalos* – базальный род Monimiaceae, что позволяет нам рассматривать Африканский континент как прародину семейства;

- заселение Южной Америки монимиевыми произошло через Антарктиду не позднее, чем в конце мелового периода (*Peumus*); позднее ареал монимиевых в Южной Америке смещался севернее (роды *Mollinedia*, *Graziellanthus*, *Hennecartia*, *Macropeplus*);

- для заселения восточных тропиков гипотетическим представителям древних Monimiaceae потребовалось проделать долгий путь вдоль побережий Восточной Африки, Аравии и Южной Азии, где (на Шри-Ланке) осел древний олиготипный род *Hortonia*, а далее по островам Малазии (род *Kibara*) в Австралию (роды *Hedycarya*, *Palmeria*, *Austromatthaea*, *Steganthera*, *Wilkiea*);

- Новая Зеландия была заселена монимиевыми из Австралии (предками рода *Hedycarya* или же архаичными видами самого этого рода);

- Мадагаскар (*Decarydendron*, *Ehippiandra*, *Tambourissa*) и Маскаренские о-ва [*Tambourissa*] были заселены Monimiaceae из Новой Каледонии (*Kibaropsis*, *Hedycarya*) и/или Австралии (Восточной или Западной).

Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность Prof. D.H. Lorence (National Tropical Botanical Garden, Hawaii, USA) за предоставленный для исследований материал и за ценные советы и замечания.

A.V. Bobrov¹, A.A. Yurmanov², M.S. Romanov³

RECONSTRUCTION OF THE FORMATION OF THE MONIMIACEAE FAMILY RANGE: MOLECULAR-GENETIC AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS

A complex cladistic analysis of molecular-genetic and morphological data about the Monimiaceae family was carried out. The hypothetic modes of the family dispersal are reconstructed basing on the data received for the studied representatives of the Monimiaceae family from all parts of the range and available fossils data. The family supposedly originated in Africa and penetrated into South America via the Antarctic way, and through the Arabian Peninsular and Sri-Lanka to South-Eastern Asia, Australia, New Zealand, New Caledonia, and further on to Madagascar.

Key words: dispersal history, cladistic analysis, Monimiaceae, molecular data.

Acknowledgements. The authors are particularly grateful to Prof. D.H.Lorence (National Tropical Botanical Garden, Hawaii, USA) for test materials and valuable advice and comments.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- APG IV. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Bot. J. Linnean Soc. 2016. Vol. 181. P. 1–20.
- Crisci J.V., Katinas L., Posadas P. Historical biogeography: An introduction. Cambridge, MA: Harvard Univers. Press, 2003. 264 p.
- Hall B.G. Phylogenetic trees made easy: A How to Manual. 4th Ed. Sunderland, MA: Sinauer, 2011. 255 p.
- Heads M. Molecular panbiogeography of the tropics. Berkley, CA: Univers. of California, 2012. 576 p.
- Heads M. Biogeography of Australasia. A molecular analysis. Cambridge: Cambridge Univers. Press, 2013. 503 p.
- Judd W.S., Campbell Ch.S., Kellogg E.A. et al. Plant systematics. A phylogenetic approach. 4th Ed. MA Sunderland. Sinauer, 2016. 677 p.
- Knight C.L., Wilf P. Rare leaf fossils of Monimiaceae and Atherospermataceae [Laurales] from Eocene Patagonian rainforests and their biogeographic significance. University Park, PA: Depart. of Geosc., Pennsylvania State Univers., 2013. 39 p.
- Lorence D.H. A monograph of the Monimiaceae (Laurales) in the Malagasy region (SW Indian Ocean) // Ann. Missouri Bot. Gard. 1985. Vol. 72. P. 142–210.
- Money L.L., Bailey I.W., Swamy B.G.L. The morphology and relationships of the Monimiaceae // J. Arnold Arb. 1950. Vol. 31. P. 372–404.
- Perkins J., Gilg E. Monimiaceae // Das Pflanzenreich. IV. 101. Leipzig: Engelmann, 1901. S. 1–122.
- Philipson W.R. Monimiaceae // Flora Malesiana. Spermatophyta: flowering plants. 1986. Vol. 10. N 2. P. 255–326.
- Philipson W.R. Monimiaceae // The families and genera of Vascular plants. Vol. 2. Berlin.: Springer, 1993. P. 426–437.
- Poole I., Gottwald H. Monimiaceae sensu lato, an element of Gondwanan polar forests: evidence from the Late Cretaceous–Early Tertiary wood flora of Antarctica // Austral. Syst. Bot. 2001. Vol. 14. P. 207–230.
- Renner S.S. Phylogenetic affinities of Monimiaceae based on cpDNA gene and spacer sequences // Persp. Plant Ecol., Evol. & Systematics. 1998. Vol. 1. P. 61–77.
- Renner S.S., Chanderbali A. What is the relationship among Hernandiaceae, Lauraceae, and Monimiaceae? // Intern. J. Plant Sci. 2000. Vol. 161 (6 suppl.). P. S109–S119.
- Renner S., Strijk J., Strasberg D., Therbaud C. Biogeography of the Monimiaceae (Laurales): a role for East Gondwana and long-distance dispersal, but not West Gondwana // J. Biogeo. 2010. Vol. 37. P. 1227–1238.
- Romanov M.S., Endress P.K., Bobrov A.V.F.Ch. et al. Fruit structure and systematics of Monimiaceae s. s. (Laurales) // Bot. J. Linnean Soc. 2007. Vol. 153. P. 265–285.
- Stevens P.F. Angiosperm Phylogeny. Website. 2001 (onwards).
- Takhtajan A.L. Flowering Plants. 2nd ed. Leipzig.: Springer, 2009. 871 p.
- Whiffin T., Foreman D.B. Monimiaceae // Flora of Australia. Vol. 2. Winteraceae to Platanaceae. Canberra: Austral. Government Publ. Serv., 2007. P. 65–91.
- Wiens J.J. Phylogenetic Analysis of Morphological Data. Washington, DC: Smithsonian Inst., 2000. 232 p.
- Wiley E.O., Lieberman B.S. Phylogenetics: Theory and Practice of Phylogenetic Systematics. 2nd ed. NJ. Hoboken Wiley-Blackwell, 2011. 432 p.

Received 02.06.2016

Accepted 02.06.2016

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Professor, D.Sc. in Biology, Professor of the RAS; e-mail: avfch_bobrov@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography, Bachelor; e-mail: yurmanov-anton.ya.ru@yandex.ru

³ Central Botanical Garden of the RAS, Head of the Department of Tropical and Subtropical Plants, PhD. in Biology; e-mail: romanovmikhail@hotmail.com

УДК 551.5

Т. Петтайя¹, Л. Ярви², В.М. Керминен³, Айджин Динг⁴, Джуинг Сан⁵, Ваний Ни⁶, Джуинг Куянсуу⁷,
А. Вирккула⁸, Сиафен Янг⁹, Конгбин Фу¹⁰, П.И. Константинов¹¹, С.С. Зилитинкевич¹², М. Кулмала¹³

ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ НИЖНЕЙ ТРОПОСФЕРЫ: ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ

В последние годы отмечены случаи сильного ухудшения качества воздуха в Китае. В то время как высокие эмиссии послужили первоначальным основанием для возрастания концентрации отравляющих веществ, основные причины для случаев крайне высоких концентраций остались невыясненными. Показано, что высокая концентрация частиц РМ усиливает устойчивость городского пограничного слоя, что в свою очередь уменьшает высоту пограничного слоя и последовательно значительно повышает концентрацию частиц РМ, что представляет собой положительную обратную связь с первоначальным увеличением концентрации.

Оценена устойчивость этой обратной связи путем теоретических расчетов и экспериментальных наблюдений, показано, что обратная связь остается умеренной для низких значений концентрации РМ, не превосходящих 200 мкг/м³, но она значительно возрастает для случаев высокой запыленности, которым сопутствует высокая РМ-эмиссия с поверхности или значительная РМ-продукция в пограничном слое. Объяснено, почему случаи загрязнения воздуха носят наиболее тяжелый характер в мегаполисах и в дни с постоянным характером погодных условий.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, PM2.5, городской пограничный слой.

Введение. Экономический рост в Китае в последние десятилетия – неоспоримый факт [Chandran, Tang, 2013]. Быстрая индустриализация, связанная с этим ростом вследствие потребности в ресурсах (энергия и материалы), повлекла за собой серьезные экологические проблемы [Chan, Yao, 2008; Mao et al., 2014]. В качестве примера можно привести заметное ухудшение качества воздуха, которое в среднем приводит к увеличению преждевременной смертности в год на 1,27 млн человек [Global..., 2016]. Более масштабные эпизоды, связанные с катастрофическим ухудшением качества воздуха, по данным ООН, повлекли за собой около 7 млн преждевременных смертей в 2012 г. [World..., 2014]. Неблагоприятное влияние на здоровье обусловлено огромным количеством взвешенных частиц в приземном слое воздуха, особенно в сочетании с газовыми примесями (например, озона) [Chen et al., 2013]. Концентрация аэрозольных частиц значительно выросла за последние десятилетия в Китае, а наиболее населенные регионы в последние годы подверглись частым эпизодам загрязнения воздуха [Qu

et al., 2010; Yang, et al., 2011; Yuming Guo et al., 2013; Wang et al., 2014; Gao et al., 2015]. В России подобные «аэрозольные» катастрофы наблюдались вследствие лесных и торфяных пожаров [Chubarova et al., 2011; Nezval et al., 2012; Gorchakova et al., 2012]

Отметим, что в последние 2–3 десятилетия уровень загрязнения в Китае систематически превышал аналогичные значения в прошлом [Lu et al., 2010; Lei, et al., 2011; Wang et al., 2012; Wang et al., 2013; Zhao et al., 2013]. Подобные явления пристально изучали и отечественные специалисты [Golitsyn et al., 2015].

Если сильная эмиссия аэрозолей определяет увеличение содержания в атмосфере отравляющих веществ, то основные причины наиболее высоких значений их концентрации не установлены. Главную роль в этой схеме играет пограничный слой, который наиболее тесно соприкасается (принимая на себя все воздействия) с поверхностью земли. В климатической системе этот слой представляет собой сильно турбулизированный буфер между земной поверхностью и свободной атмосферой. Высокие слои атмосферы,

¹ Университет Хельсинки, департамент физики, профессор; *e-mail:* tuukka.petaja@helsinki.fi

² Университет Хельсинки, департамент физики, профессор; *e-mail:* leena.jarvi@helsinki.fi

³ Университет Хельсинки, департамент физики, профессор; *e-mail:* veli-matti.kerminen@fmi.fi

⁴ Институт глобального климата и Высшая школа наук об атмосфере, Нанкинский университет, профессор; *e-mail:* dingaj@nju.edu.cn

⁵ Институт глобального климата и Высшая школа наук об атмосфере, Нанкинский университет, профессор; *e-mail:* dingaj@nju.edu.cn

⁶ Университет Хельсинки, департамент физики; Институт глобального климата и Высшей школы наук об атмосфере, Нанкинский, профессор; *e-mail:* niewei@nju.edu.cn

⁷ Университет Хельсинки, департамент физики, профессор; *e-mail:* jaana.leppalammi-kujansuu@helsinki.fi

⁸ Финский Метеорологический институт, Хельсинки, Институт глобального климата и Высшей школы наук об атмосфере, Нанкинский университет, профессор; *e-mail:* aki.virkkula@fmi.fi

⁹ Институт глобального климата и Высшая школа наук об атмосфере, Нанкинский университет, профессор; *e-mail:* yangx2@ornl.gov

¹⁰ Институт глобального климата и Высшая школа наук об атмосфере, Нанкинский университет, профессор; *e-mail:* cb@tea.ac.cn

¹¹ Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии, ст. преп.; *e-mail:* kostadini@mail.ru

¹² Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический факультет; ИГ РАН, профессор; *e-mail:* sergej.zilitinkevich@fmi.fi

¹³ Университет Хельсинки, департамент физики, профессор; *e-mail:* markku.kulmala@helsinki.fi

напротив, практически не отличаются турбулентностью из-за их устойчивой стратифицированности.

Например, термическая изменчивость, связанная с суточным ходом освещенности деятельной поверхности, нелинейным образом влияет на турбулентность всего пограничного слоя, не исключая и его верхней границы. Подобным же образом газы, пыль и аэрозольные частицы, источником которых служит поверхность земли, на большей части поверхности блокируются пограничным слоем. Толщина планетарного пограничного слоя варьирует от нескольких десятков метров до нескольких километров, это важный параметр, определяющий случаи чрезвычайного загрязнения воздуха, экстремальные волны жары и холода и локальные последствия распространения аэрозольных частиц [Zilitinkevich, 2012].

Покажем, что антропогенное загрязнение аэрозолями создает выраженный «колпак» на верхней границе погранслоя, затрудняя турбулентное перемешивание от поверхности в высоту. В то время как механизм нарушения устойчивости атмосферного пограничного слоя аэрозольными частицами хорошо известен, общие представления об этом явлении в чрезвычайно загрязненных условиях (как это происходило в Китае) дискуссионны [Gao et al., 2015; Ding et al., 2013].

Путем теоретического анализа и изучения данных прямых измерений показано, что аэрозольное загрязнение усиливает устойчивость в пограничном слое. Это обуславливает положительную обратную связь, т.е. усиливается аэрозольное загрязнение (рис. 1). Эта связь оценена нами с использованием данных прямых измерений. Название этого феномена «новая китайская стена» отражает его появление исключительно в наиболее населенных регионах страны, хотя оно, безусловно, может возникать во всех мегаполисах с чрезвычайно загрязненной атмосферой.

Материалы и методы исследований. Данные получены с помощью опытной станции для наблюдения региональных процессов в Земной системе (The Station for Observing Regional Processes of the Earth System, SORPES), установленной в Нанкине (КНР) в рамках совместного проекта Нанкинского университета и Университета Хельсинки. Станция находится приблизительно в 20 км от центра г. Нанкин. Измерения начались в 2011 г., к настоящему времени включают в себя анализ качества и количества газовых примесей, аэрозолей и сопутствующих метеорологических параметров. Большинство датчиков установлено на крыше лабораторного здания, расположенного на вершине холма, относительная высота которого составляет приблизительно 40 м. Содержание частиц PM_{2.5} измеряли с помощью онлайн-масс-спектрометра «Thermo SHARP-5030», содержание аэрозолей – с помощью DHS в сухих условиях, при которых относительная влажность не превышает 35%. Содержание сажи (black carbon) устанавливали с помощью 7-канального эталомера «AE31-Magee Scientific». Для измерения

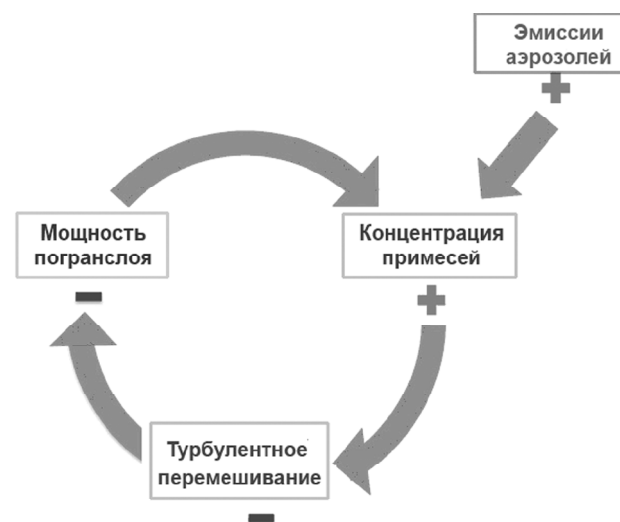


Рис. 1. Схема механизма обратной связи, инициированной увеличением концентрации аэрозолей в ПС, что приводит к уменьшению вертикальной протяженности ПС и последующему дополнительному увеличению аэрозольных концентраций

Fig. 1. A schematic figure of the feedback mechanism initiated by the increased aerosol concentration in the boundary layer leading to lower boundary layer height and hence elevated aerosol concentrations

метеорологических параметров применяется АМС «AG1000 Campbell Scientific Inc». Трехмерные флуктуации скорости ветра и виртуальная температура регистрируются с помощью регистратора CSAT3 «Campbell Scientific Inc.», водяной пар – с помощью регистратора EC150 той же фирмы. Все данные записываются с помощью логгера CR5000 «Campbell Scientific Inc.» со стандартной частотой 10 Гц.

Результаты исследований и их обсуждение.

Энергетический баланс земной поверхности в городских условиях можно описать следующим образом [Oke, 1982; Piringer et al., 2002]: поверхность нагревается посредством нисходящей коротковолновой солнечной радиации и длинноволновой радиации от атмосферы. В зависимости от альбедо земной поверхности часть солнечной радиации переотражается обратно в атмосферу. Кроме того, интенсивность излучения земной поверхности зависит от ее температуры. В итоге баланс энергии расходуется на турбулентные потоки тепла и влаги в атмосферу и сток энергии путем накопления тепла в деятельной поверхности. Интенсивность турбулентного перемешивания в свою очередь определяется двумя факторами – сдвигом ветра, механическим образом генерирующим турбулентность, и стратификацией пограничного слоя (ПС).

Городской пограничный слой обычно стратифицирован неустойчиво [Wood et al., 2010; Liu et al., 2012; Nordbo et al., 2013], он протяженный по вертикали и сильно турбулизован, что приводит к эффективному вертикальному разбавлению и последующему удалению загрязняющих веществ от земной поверхности. Мы утверждаем, что это справедливо только для умеренно загрязненного воздуха. Над китайскими городами типично развитие совершенно других ПС – относительно тонких и с эк-

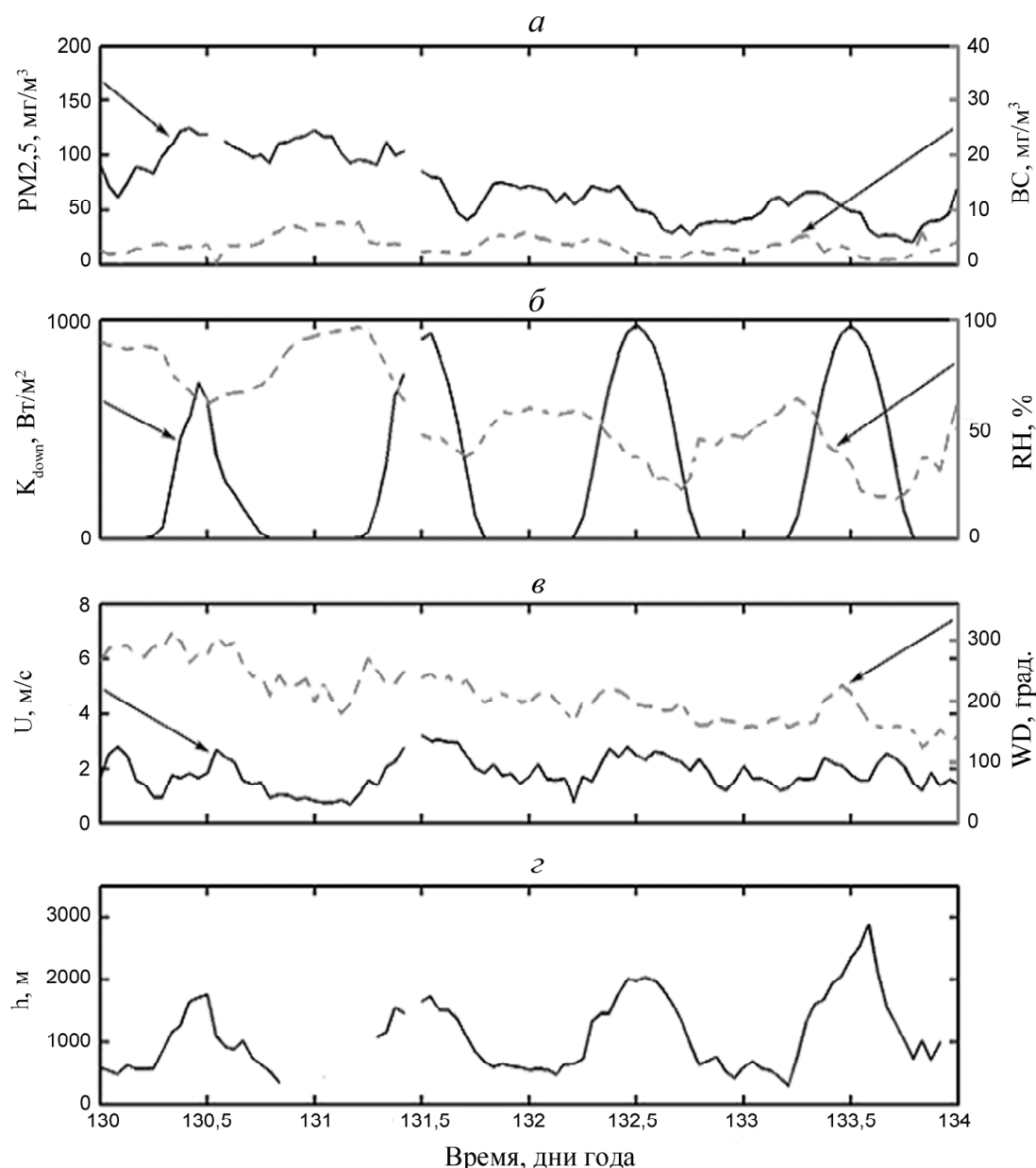


Рис. 2. Временной ход частиц аэрозоля $PM_{2.5}$ и сажи (BC) (а), нисходящей коротковолновой солнечной радиации (K_{down}) и относительной влажности воздуха (RH) (б), скорости (U) и направления ветра (WD) (в), вертикальной протяженности ПС (h) (г)

Fig. 2. Time series of (а), aerosol particles ($PM_{2.5}$) and black carbon (BC) (б), solar radiation (K_{down}) and relative humidity (RH) (в), wind speed (U) and direction (WD) and the boundary layer height (г)

стремальными значениями концентрации загрязняющих веществ [Wang et al., 2015; Chandran, Tang, 2013; Zhang et al., 2015], особенно в безоблачные дни. Этот парадокс мы объясняем неучтенной обратной связью между концентрацией аэрозолей и статической стабильностью ПС.

Предположим, что ПС становится чрезмерно загрязненным из-за эмиссий с поверхности и последующего формирования твердых примесей. Из-за этого оптическая толщина ПС и всего атмосферного столба увеличивается, что приводит к снижению количества солнечной радиации, доходящей до деятельной поверхности земли, и влияет на радиационный баланс. Радиация поглощается этим загрязненным ПС и переизлучается во всех возможных направлениях. Это поглощение меняет вертикальный

температурный профиль, т.е. высокие слои ПС становятся более нагретыми, что приводит к увеличению его устойчивости [Menon et al., 2002; Bond et al., 2013; Ding et al., 2013; Jacobson, 2001], уменьшая турбулентное перемешивание, в итоге это приводит к истончению ПС. Прямое следствие рассмотренного механизма уменьшения толщины ПС – увеличение концентрации аэрозолей из-за уменьшения содержащего их объема.

На рис. 2 проиллюстрирован описанный выше механизм на примере данных прямых измерений станцией SOPRES с 9 по 13 мая 2013 г. В этот период концентрация аэрозолей варьировала от 50 до 120 mg/m^3 , из которых примерно 10% приходилось на частицы сажи. Падающая коротковолновая радиация наблюдалась наименьшей именно в момент наибольшей

концентрации частиц, в то время как скорость ветра оставалась постоянной в течение рассматриваемого периода. Наименьшая вертикальная толщина пограничного слоя наблюдалась именно в день с наибольшей концентрацией загрязняющих веществ, что количественно подтверждает нашу гипотезу о существовании обратной связи между загрязненностью атмосферы и мощностью пограничного слоя. Эта корреляция не утверждает причинную зависимость, но она дает основания постулировать взаимосвязь между возрастанием аэрозольных концентраций, вертикальных турбулентных потоков и толщиной пограничного слоя, что базируется на теоретических представлениях.

Временной шаг наших наблюдений составлял 1 ч., в то время как характерное время перемешивания в ПС – около 20–30 мин. Таким образом, вероятно, что уменьшение вертикального турбулентного потока как функции концентрации аэрозолей представляет собой чистый эффект всей обратной связи (рис. 1). Рассматривая различные значения относительной влажности воздуха, можно отметить (рис. 3), что ее высокие значения соответствуют

случаям слабой зависимости высоты ПС от значений вертикального турбулентного потока и связаны с процессами поглощения влаги аэрозолями. В Нанкине периодам высокой влажности обычно сопутствуют небольшое турбулентное перемешивание и большая толщина ПС. Результаты аппроксимации (рис. 3) показывают, что толщина ПС уменьшается почти в 2 раза от первоначальной при повышении концентрации аэрозолей более 200 мг/м^3 .

С помощью аппроксимации, показанной на рис. 4, можно рассчитать интенсивность истончения ПС вследствие возрастающей концентрации аэрозолей в соответствующем слое атмосферы. Если принять за начальную концентрацию РМ последовательно ее значения 100, 200 или 250 мг/м^3 , то получим, что эффективность обсуждаемой обратной связи соответствует 1, 2 и 5% для $\Delta \text{РМ} < 10 \text{ мг/м}^3$, 3, 5 и 12 % для $\Delta \text{РМ} = 20 \text{ мг/м}^3$ и, наконец, 6, 13 и >50% для $\Delta \text{РМ} = 40 \text{ мг/м}^3$. Эти значения вполне соответствуют модельным данным [Gao et al., 2015; Wang et al., 2015]. Для случаев экстремально сильного загрязнения ($\text{РМ} > 250 \times 300 \text{ мг/м}^3$) получена крайне высокая степень ослабления приходящей к

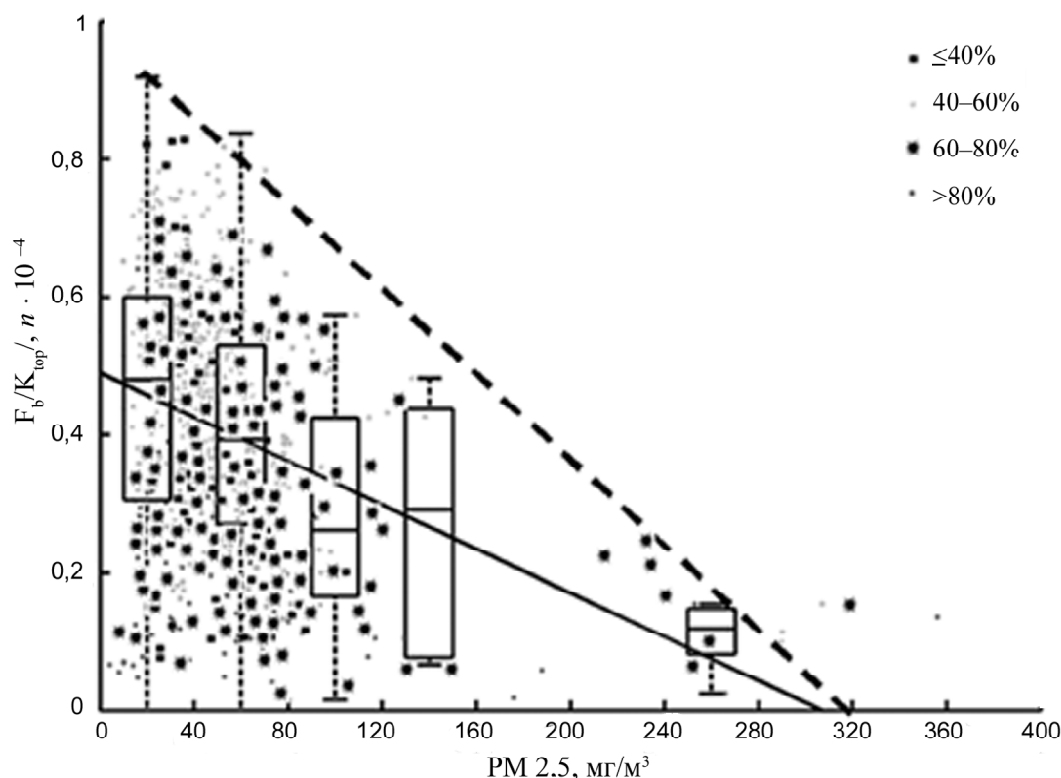


Рис. 3. Наблюдаемая зависимость отношения между турбулентным вертикальным потоком (F_b) и солнечной радиацией на верхней границе атмосферы (K_{top}) как функции наблюдаемой концентрации $\text{PM}_{2.5}$. Аппроксимация включает в себя все значения. Значения $\text{PM}_{2.5}$ сгруппированы в 5 групп, где медиана показана сплошной линией, поскольку внешние границы боксов представляют собой 25%- и 75%-ные квартили, а тонкие штриховые линии представляют собой межквартильную зону. Полуштриховая линия проведена через наивысшие точки квартилей. Учтены только дневные промежутки времени (от 10:00 до 14:00 местного времени) в дни без осадков. Значения относительной влажности во время измерений показаны значками справа

Fig. 3. Observed dependency of the ratio between the turbulent vertical flux (F_b) and the solar radiation at the top of the atmosphere (K_{top}) as a function of observed particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$) concentration. The fitting includes all the data points. To guide the eye, the $\text{PM}_{2.5}$ data is binned in five batches where the median is shown as a line whereas the outer boundaries of the boxes represent 25 and 75 quartiles and the dashed lines present interquartile range (IQR). Dashed-line is the fit through the upper IQR points. Only daytime conditions between 10:00 and 14:00 local time from non-rainy periods are considered. Atmospheric RH during the measurements is indicated with the color of the data point. The dependency of the other radiation components are presented on $\text{PM}_{2.5}$ is presented in Supplementary Figure A1 and on BC concentration in Supplementary Figure A2

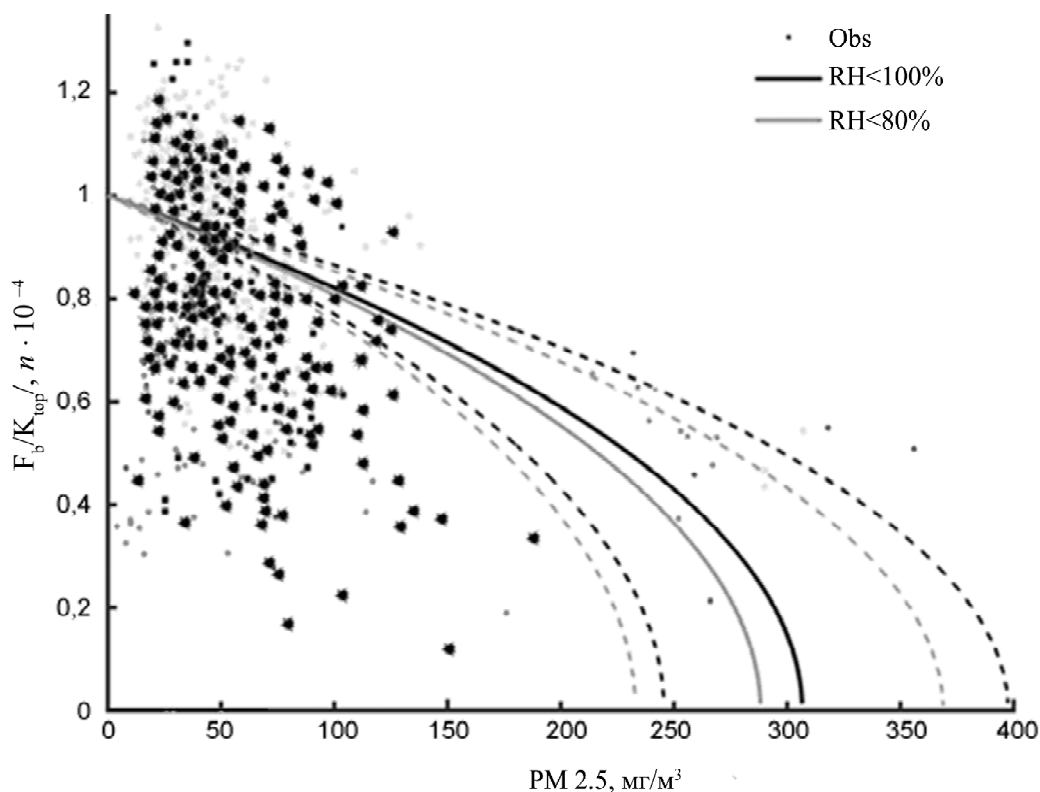


Рис. 4. Предполагаемое изменение отношение высоты «загрязненного» и «чистого» ПС, отдельно для всех имеющихся данных наблюдений и для сроков с относительной влажностью <80. Непрерывные линии – аппроксимация зависимости, штриховые линии показывают чувствительность результатов (на основе ошибок аппроксимации). Остальные обозначения см. на рис. 3

Fig. 4. The anticipated change in the ratio of polluted to non-polluted boundary layer heights separately for all the available data and for relative humidity below 80%. The points present observational data. The color of the data points describes relative humidity with same classification as in Figure 3. The solid lines present the fitted dependency and the dashed lines show the sensitivity of the results based on estimated fitting errors

земной поверхности солнечной радиации, поэтому для рассеяния примесей будет необходима лишь смена синоптической ситуации.

Выводы:

– исследования показали, что аэрозольные частицы формируют явление, названное нами «новая китайская стена», которое в значительной степени ответственно за наиболее опасные эпизоды загрязнения воздуха в плотнонаселенных регионах Китая. Сформирована принципиально новая концепция зависимости толщины пограничного слоя в городах от концентрации аэрозольных частиц в нем, согласно которой увеличение концентрации взвешенных частиц ведет к ослаблению вертикального перемешивания и, соответственно, к уменьшению толщины по-

граничного слоя. В наиболее экстремальных случаях это выглядит как достижение суперкритического уровня загрязнения, при котором неустойчивая стратификация атмосферы в нижнем слое становится устойчивой вследствие указанных выше процессов;

– кроме того, следует учитывать, что существующие региональные модели прогноза погоды плохо справляются с предсказанием погодных условий в периоды с экстремально высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, поскольку описанный нами механизм напрямую не учитывается в таких моделях. Это в свою очередь определяет запрос на параметризацию подобных процессов в мезомасштабных моделях прогноза погоды и климата.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15-17-30009 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата» (2015–2017)).

T. Petaja¹, L. Jarvi², V.M. Kerminen³, A. Ding⁴, J. Sun⁵, W. Nie⁶, J. Kujansuu⁷, A. Virkkula⁸,
S. Yang⁹, C.B. Fu¹⁰, P.I. Konstantinov¹¹, S.S. Zilitinkevich¹², M. Kulmala¹³

**POLLUTION AND THERMAL REGIME
OF THE LOWER TROPOSPHERE:
FEEDBACKS IN THE BOUNDARY LAYER**

In this paper some periods of air pollution, observed in China during the recent years are analyzed. It is shown that high concentration of particulate matter (PM) minimizes the boundary layer height and leads to increasing pollutant concentrations. Critical number for concentration is 200 gm^{-3} – after it feedback between boundary layer height and concentrations became stronger.

Key words: aerosol pollution, PM2.5, urban boundary layer.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Scientific Foundation (project N 15-17-30009 «Geoinformation support of the sustainable development of territories under the global climate change (2015–2017)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W. et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // *J. Geophys. Res.* 2013. Vol. 118. P. 5380–5552.
- Chak K. Chana, Xiaohong Yao. Air pollution in mega cities in China // *Atmos. Environ.* 2008. Vol. 42. P. 1–42.
- Chen R. Kan, Chen B. et al. Association of particulate air pollution with daily mortality, the China air pollution and health effects study // *Amer. J. Epidemiol.* 2012. Vol. 175. P. 1173–1181.
- Chandran Govindaraju V.G.R., Tang C.F. The dynamic links between CO₂ emissions, economic growth and coal consumption in China and India // *Appl. Energy.* 2013. Vol. 104. P. 310–318.
- Chubarova N.E., Gorbarenko E.V., Nezval' E.I., Shilovtseva O.A. Aerosol and Radiation Characteristics of the Atmosphere during Forest and Peat Fires in 1972, 2002, and 2010 in the Region of Moscow // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* 2011. Vol. 47, N 6. P. 729–738.
- Ding A.J., Fu C.B., Yang X.Q. et al. Intense atmospheric pollution modifies weather: a case of mixed biomass burning with fossil fuel combustion pollution in the eastern China // *Atmos. Chem. Phys.* 2013. Vol. 13. P. 105 45–10 554.
- Gao Y., Zhang M., Liu Z. et al. Modeling the feedback between aerosol and meteorological variables in the atmospheric boundary layer during a severe fog-haze event over the North China Plain // *Atmos. Chem. Phys.* 2015. Vol. 15. P. 4279–4295.
- Global burden of diseases, injuries, and risk factors study. 2010 (Institute of Health Metrics & Evaluation (IHME), China. URL: <http://www.healthmetricsandevaluation.org/gbd/country-profiles> (2013) (Accessed: 25.10.2016).
- Golitsyn G.S., Grechko E.I., Wang Gengchen et al. Studying the pollution of Moscow and Beijing atmospheres with carbon monoxide and aerosol // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* 2015. Vol. 51, N 1. P. 8–19.
- Gorchakova I.A., Mokhov I.I., Rublev A.N. Radiation and temperature effects of the intensive injection of dust aerosol into the atmosphere // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* 2015. Vol. 51, N 2. P. 113–126.
- Jacobson M.Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols // *Nature.* 2001. Vol. 409. P. 695–697.
- Lei Y., Zhang Q., He K.B. et al. Primary anthropogenic aerosol emission trends for China, 1990–2005 // *Atmos. Chem. Phys.* 2011. Vol. 11. P. 931–954.
- Liu H.Z., Feng J.W., Järvi L. et al. Four-year (2006–2009) eddy covariance measurements of CO₂ flux over an urban area in Beijing // *Atmos. Chem. Phys.* 2012. Vol. 12. P. 7881–7892.
- Lu Z., Streets D.G., Zhang Q. et al. Sulfur dioxide emissions in China and sulphur trends in East Asia since 2000 // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. Vol. 10. P. 6311–6331.
- Mao X.Q., Zhou J., Corsetti G. How well have China's recent five-year plans been implemented for energy conservation and air pollution control? // *Environ. Sci. Technol.* 2014. Vol. 48 P. 10 036–10 044.
- ¹ University of Helsinki, Department of Physics, Professor; *e-mail:* tuukka.petaja@helsinki.fi
- ² University of Helsinki, Department of Physics, Professor; *e-mail:* leena.jarvi@helsinki.fi
- ³ University of Helsinki, Department of Physics, Professor; *e-mail:* veli-matti.kerminen@fmi.fi
- ⁴ Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* dingaj@nju.edu.cn
- ⁵ Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* dingaj@nju.edu.cn
- ⁶ University of Helsinki, Department of Physics; Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* niewei@nju.edu.cn
- ⁷ University of Helsinki, Department of Physics, Professor; *e-mail:* jaana.leppalammi-kujansuu@helsinki.fi
- ⁸ Finnish Meteorological Institute, Helsinki; Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* aki.virkkula@fmi.fi
- ⁹ Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* yangx2@ornl.gov
- ¹⁰ Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Professor; *e-mail:* cb@tea.ac.cn
- ¹¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology, Assistant Professor; *e-mail:* kostadini@mail.ru
- ¹² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; Institute of Geography, RAS, Professor; *e-mail:* sergej.zilitinkevich@fmi.fi
- ¹³ University of Helsinki, Department of Physics, Professor; *e-mail:* markku.kulmala@helsinki.fi

- Menon S., Hansen J., Nazarenko L. et al. Climate effects of black carbon aerosols in China and India // *Science*. 2002. Vol. 297. P. 2250–2253.
- Nezval E. I., Chubarova N. E., Gröbner J. et al. Influence of atmospheric parameters on downward longwave radiation and Features of its regime in Moscow // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2015. Vol. 51, N 1. P. 682–690.
- Nordbo A., Järvi L., Haapanala S. et al. Intra-city variation in urban morphology and turbulence structure in Helsinki, Finland // *Bound. Lay. Meteorol.* 2013. Vol. 146. P. 469–496.
- Qu W.J., Arimoto R., Zhang X.Y. et al. Spatial distribution and interannual variation of surface PM10 concentrations over eighty Chinese cities // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. Vol. 10. P. 5641–5662.
- Oke T.R. The energetic basis of the urban heat island // *Quart. J. Royal Meteor. Soc.* 1982. Vol. 108. P. 1–24.
- Piringer M., Grimmond C.S.B., Joffre S.M. et al. Investigating the surface energy balance in urban areas – recent advances and future needs // *Water, Air & Soil Pollut. Focus*. 2002. Vol. 2. P. 1–16.
- Wang M., Cao C., Li G. et al. Analysis of severe prolonged regional haze episode in the Yangtze River Delta, China // *Atmos. Environ.* 2015. Vol. 102. P. 112–121.
- Wang H., Xue M., Zhang X.Y. et al. Mesoscale modeling study of the interactions between aerosols and PBL meteorology during a haze episode in China Jing-Jin-Ji and its near surrounding region. P. 2. Aerosols' radiative feedback effects // *Atmos. Chem. Phys.* 2015. Vol. 15. P. 3277–3287.
- Wood C.R., Lacser A., Barlow J.F. et al. Turbulent flow at 190 m height above London during 2006–2008: a climatology and the applicability of similarity theory // *Bound. Lay. Meteorol.* 2010. Vol. 137. P. 77–96.
- World Health Statistics: World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2014.
- Yang F., Tan J., Zhao Q. et al. Characteristics of PM2.5 speciation in representative megacities and across China // *Atmos. Chem. Phys.* 2011. Vol. 11. P. 5207–5219.
- Yuming Guo, Shanshan Li, Zhaoxing Tian et al. The burden of air pollution on years of life lost in Beijing, China, 2004–08: retrospective regression analysis of daily deaths // *BMJ*. 2013. Vol. 347. f7139.
- Zhang L., Wang T., Lv M. et al. On the severe haze in Beijing during January 2013: Unraveling effects of meteorological anomalies with WRF-Chem // *Atmos. Environ.* 2015. Vol. 104. P. 11–21.
- Zhao B., Wang S.X., Liu H. et al. NO_x emissions in China: historical trends and future perspectives // *Atmos. Chem. Phys.* 2013. Vol. 13. P. 9869–9897.
- Zilitinkevich S.S. National security and human health implications of climate change. NATO science for peace and security series C: Environmental security. Cha P. 13. Springer, 2012. P. 147–161.

Поступила в редакцию 08.04.2016
Принята к публикации 02.06.2016

Received 08. 04.2016
Accepted 02. 06.2016

УДК 556.552

Д.И. Соколов¹, О.Н. Ерина², К.К. Эдельштейн³

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Изложена методика синхронных гидрологических экспресс-съемок трех полигонов в разных районах слабопроточного долинного Можайского водохранилища, выполненных 19 июля 2014 г. в рамках эксперимента «Тройной полигон-2014».

Плотность сетки из 58 станций (ст.) в трех полигонах составляла от 1 ст./14 га до 1 ст./5 га. Подобное сгущение станций, которого ранее не было при лимнологических работах на озерах и водохранилищах ни в России, ни за рубежом, позволило выполнить достоверную, статистически обоснованную оценку микромасштабной неоднородности (пятнистости) состава и свойств воды в разных районах многопесового водоема при одинаковых погодных условиях.

В результате съемок зафиксирована пятнистость распределения измеренных значений температуры (коэффициент вариации C_v достигал 0,03), содержания кислорода (C_v до 0,49) и хлорофилла «а» (C_v до 0,22)), обусловленная вертикальной стратификацией водных масс и изменяющимися в течение дня синоптическими условиями. Установлено, что пространственная изменчивость неконсервативных характеристик качества воды нередко выражена сильнее не в поверхностных слоях стратифицированного летом долинного водохранилища, а в слоях температурного скачка.

Результаты картографической и статистической оценок пространственной неоднородности характеристик качества воды, полученные в ходе эксперимента, можно использовать для совершенствования мониторинга водохранилищ – источников централизованного водоснабжения и водоемов рекреационного использования, для методического обоснования достоверной оценки воспроизводимости математическими моделями их гидроэкологического режима.

Ключевые слова: водохранилище, стратификация, съемки полигонов, качество воды.

Введение. О закономерностях изменения в годы с разной водностью температуры, электропроводности, плотности и химического состава воды в водохранилищах стало известно в 1960-х гг., когда лимнологи начали выполнять квазисинхронные гидролого-гидрохимические съемки водохранилищ Волжского каскада [Буторин, 1965, 1969; Ершова, 1968; Эдельштейн, 1971, 1991]. Выяснилось, что степень неоднородности характеристик воды в водохранилищах определяется, во-первых, генетическим составом речных водных масс, его изменчивостью из-за смены фаз речного режима [Ершова, 1980]; во-вторых, совокупностью процессов внутриводоемной трансформации исходных водных масс в основную водную массу водохранилища того или иного морфологического типа и разной проточности, зависящей от режима работы гидроузлов [Эдельштейн, 1991, 2005].

С появлением малоинерционных датчиков температуры, электропроводности воды и растворенного в ней кислорода *in situ* показала, что на фоне макро-неоднородностей многолетнего и сезонного масштаба существует мезонеоднородность тех же характеристик воды синоптического масштаба вследствие смены погоды в периоды плотностной стратифицированности водных масс [Малютин, Эдельштейн, 1980; Лившиц, Литвинов, 1984]. Такая неоднородность

воды обусловлена не только ее генезисом и гидродинамикой, но и процессами биогенной трансформации состава воды. Активные продукционно-деструкционные процессы жизнедеятельности водной биоты определяют питьевые, рекреационные и технологические качества воды в местах водопользования.

Практически тот же набор факторов вызывает и нерегулярное появление микронеоднородностей свойств воды, так называемую пятнистость, возникающую под воздействием внутрисуточной изменчивости метеорологических характеристик чаще всего в антициклоническую маловетренную или штилевую погоду [Гончаров и др., 2002; Даценко и др., 2005].

Интерес к пятнистости распределения характеристик воды обострился в связи с необходимостью достоверной, статистически обоснованной оценки воспроизводимости математическими моделями гидроэкологического режима водохранилищ – источников централизованного водоснабжения и водоемов рекреационного использования с целью разработки автоматизированных методов диагноза и прогноза экологического состояния уже эксплуатируемых и проектируемых водохранилищ различного хозяйственного назначения.

Очевидно, что при оценке адекватности рассчитанных по гидроэкологической модели среднесуточ-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Красновидовская учебно-научная база, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: Dmitry.Sokolov@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Красновидовская учебно-научная база, науч. с., канд. геол. н.; e-mail: tamiblack@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: emek-05@mail.ru

ных значений любой характеристики необходимо учитывать возможную изменчивость этой характеристики в пределах исследуемой акватории, обусловленную внутрисуточными изменениями тепло- и водообмена, внутримассовыми динамическими, химико-биологическими процессами; нельзя полностью исключать и случайные методические ошибки в полевых наблюдениях и при отборе проб, их аналитической обработке, особенно при небольшой концентрации исследуемых веществ и организмов.

Однако по данным мониторинговых съемок, используемых при верификации и валидации гидроэкологических моделей, о состоянии водоема судят по единственному зондированию водной толщи на том или ином участке акватории в произвольный момент светлого времени. Модельный же расчет дает среднесуточные характеристики состава и качества воды, гораздо более репрезентативные и востребованные в водопроводной практике.

Таким образом, возникает необходимость статистически обоснованной количественной оценки микромасштабной пространственной изменчивости приоритетных характеристик качества воды в разных районах исследуемых водоемов. С этой целью нами выполнен на слабопроточном долинном Можайском водохранилище полевой эксперимент «Тройной полигон-2014», результаты которого анализируются в статье.

Материалы и методы исследований. Чтобы судить о возможном различии пространственной неоднородности состава и свойств воды в различных районах многопесового водоема при одинаковых погодных условиях, было решено выполнить с трех моторных катеров синхронные гидролого-гидрохимические экспресс-съемки трех плесов (рис. 1), наиболее глубоководных в верховьях Можайского водохранилища (Бычковский плес), в его центральном районе (Красновидовский плес) и в низовьях у плотины Можайского гидроузла (Приплотинный плес).

Для каждого плеса была назначена равномерная сетка станций (рис. 1), включающая несколько станций в русловой ложбине (глубиной до 5, 13 и 19 м в полигонах I, II и III соответственно) и в менее глубоких участках – над затопленными поверхностями высокой поймы и склонами надпойменной террасы москворецкой долины.

Для съемок выбран период продолжительной солнечной погоды со слабым ветром переменного направления в низкую межень на притоках водоема. В день съемок 19 июля 2014 г. с начала наблюдений в 10:50 и до их окончания в 17:30 воздух прогрелся с 20 до 24 °С, кучевая облачность уменьшалась с 9 до 6 баллов, скорость сначала юго-западного, а потом юго-восточного и восточного ветра не превышала 1–2 м/с, ветер лишь рябил водную поверхность, находившуюся на 1 м ниже НПУ.

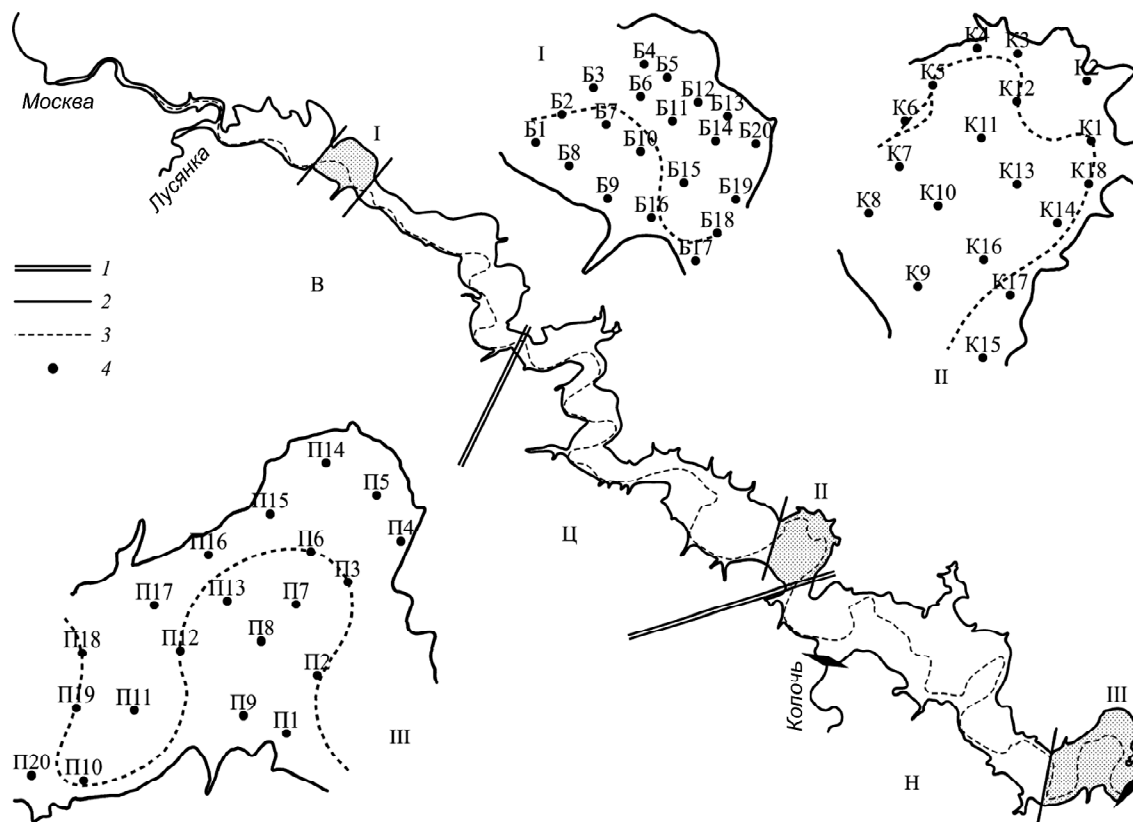


Рис. 1. Районирование Можайского водохранилища. Районы – верховой (В), центральный (Ц) и низовый (Н); плесы-полигоны – Бычковский (I), Красновидовский (II) и Приплотинный (III); границы районов (1), плесов (2); затопленная русловая ложбина Москва-реки (3); станции в синхронных съемках трех полигонов (4)

Fig. 1. Zoning of the Mozhayskoe reservoir. Zones: В – upper, Ц – central, Н – lower; stretches: I – Bychkovskiy, II – Krasnovidovskiy, III – Priplotinnyy; 1 – zone boundaries; 2 – stretch boundaries; 3 – submerged bed of the Moskva River; 4 – stations in synchronous surveys of three stretches

Для наибольшего сгущения сетки станций в полигонах для подробной фиксации экологического состояния водохранилища в часы наибольшей активности продукционно-деструкционных процессов мы включили в состав наблюдений:

– определение местоположения заякоренного катера с помощью GPS-метода. Плотность сетки станций (рис. 1) снижалась от верховьев к гидроузлу от 1 ст./5 га водной поверхности до 1 ст./9 га и 1 ст./14 га. Тем не менее подобное сгущение стан-

ций еще не производилось в лимнологических работах на озерах и водохранилищах ни в России, ни за рубежом;

– одновременное зондирование водной толщи термодуктометром Pro30 и оксиметром ProODO фирмы «YSI» (США), поскольку удельная электропроводность гидрокарбонатно-кальцево-магниевого воды водохранилища служит надежным косвенным показателем не только ее минерализации, но и жесткости, а растворенный кислород – интегральным

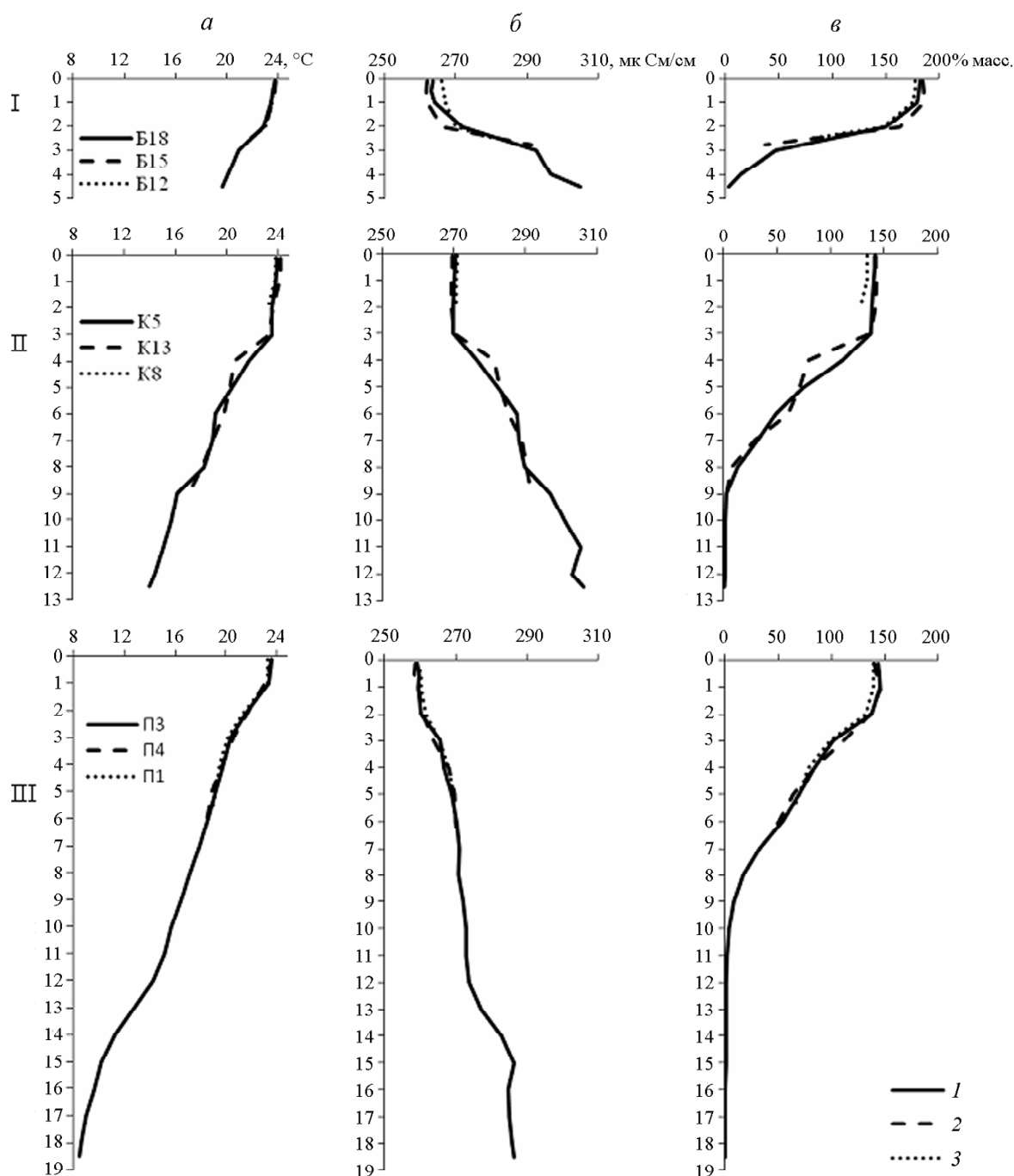


Рис. 2. Вертикальное распределение в верховом (I), центральном (II) и низовом (III) районах температуры, °C (а), удельной электропроводности воды K_{18} , мкСм/см (б) и содержания в ней O_2 , % нас. (в) над русловой ложбиной (1), над затопленной поймой (2) и на мелководье (3) (рядом с эпюрами – номера станций, см. рис. 1)

Fig. 2. Vertical distribution of water temperature, °C (a), conductivity K_{18} , mS/cm (б) and dissolved oxygen content DO, % (в) over the riverbed (1), over the submerged floodplain (2) and at shallow water (3) in the upper (I), central (II) and lower (III) zones (station numbers beside the diagrams – see fig. 1)

показателем интенсивности фотосинтеза органического вещества и его деструкции гидробионтами. Измеренная электропроводность приведена к температуре воды 18 °C (K_{18});

– пробы заборной воды отбирали для лабораторного определения концентрации хлорофилла «а» по стандартной методике [ГОСТ..., 1999], это косвенная характеристика биомассы фитопланктона – основного компонента взвеси, определяющего мутность воды в водоеме при подобных гидрометеорологических условиях.

Важно, что выбранные характеристики состояния и состава воды не только разнородны и взаимонезависимы, но и наиболее репрезентативны [Эдельштейн, 2014а], так как вероятная погрешность определения каждой из них многократно меньше диапазона их пространственной изменчивости.

Результаты исследований и их обсуждение.

Анализ полученных данных позволил выявить следующие особенности пространственного распределения выбранных характеристик качества воды.

Во-первых, водная масса на всех 58 станциях трех полигонов была сильно стратифицирована не только термически, но и по минерализации и содер-

жанию растворенного кислорода (рис. 2). В полуденные часы прогретый до 24 °C поверхностный перемешанный слой воды с минимальной минерализацией 260–270 мг/л и пересыщенный кислородом до 140–160% нас. подстилался дневным пикноклином в центральном районе на глубине 3–4 м. В остальной толще эпилимниона, расположенной ниже, наблюдалось плавное снижение с глубиной температуры и содержания растворенного кислорода и повышение минерализации до бровки русловой ложбины (глубина 8–9 м в центральном районе). В Приплотинном плесе слой сезонного температурного скачка был погружен на глубину 13–15 м. В этом же слое находился и хемоклин, глубже которого в анаэробном гипolimнионе минерализация достигала 290 мг/л, а в Красновидовском плесе она была еще больше (рис. 2, II б).

Во-вторых, зафиксирована пятнистость распределения измеренных значений температуры, содержания кислорода и хлорофилла «а», изображенная на картах каждого плеса (рис. 3). Лишь минерализация в поверхностном слое оказалась практически одинаковой, особенно в основной водной массе водохранилища, занимающей летом центральный и низовый



Рис. 3. Распределение в поверхностном слое воды температуры, °C (а), содержания растворенного кислорода, мг/л (б) и хлорофилла «а», мкг/л (в) в Бычковском (I), Красновидовском (II) и Приплотинном (III) плесах Можайского водохранилища в полуденное время 19 июля 2014 г.

Fig. 3. Distribution of water temperature, °C (a), dissolved oxygen content DO, mg/l (б) and chlorophyll «а», mg/l (в) in the surface layer of Bychkovskiy (I), Krasnovidovskiy (II) and Priplotinniy (III) stretches of the Mozhaysk reservoir at midday, July 19, 2014

районы, на это указывают значения относительно небольшого диапазона измеренных величин электропроводности воды ΔK , стандартного отклонения σK и коэффициента их вариации Cv_K (табл. 1).

В Бычковском плесе (рис. 3, I) утренний небольшой юго-западный ветер переместил воды тонкого нагретого слоя, особенно пересыщенные кислородом, к кромке зарослей макрофитов на мелководье у восточного берега, а у подветренного правого берега образовалось пятно более холод-

ной (почти на 1 °C) и менее насыщенной кислородом (на 2 мг/л) воды.

В Красновиновском плесе ветер, изменившийся к полудню на восточный, обусловил смену нагона на левый берег сгоном теплой воды на юго-запад, отогнав в 1,5 раза более обогащенные хлорофиллом «а» воды трофогенного слоя от северо-восточного берега к центру плеса (рис. 3, II в).

В особенно глубоководном Приплотинном плесе, где зондирование проводилось дольше всего

Т а б л и ц а 1

Вариация температуры (Т), электропроводности (K_{18}) и содержания растворенного кислорода (РК) в отдельных слоях водной толщ верхового, центрального и низового районов Можайского водохранилища в полуденное время 19 июля 2014 г.

Глубина, м	n*	Температура, °C				Электропроводность, мкСм/см				Кислород, % нас.			
		T _{ср.}	ΔT	σ _T	Cv _T	K _{ср.}	ΔK	σ _K	Cv _K	PK _{ср.}	ΔPK	σ _{PK}	Cv _{PK}
Бычковский плес													
0	20	23,6	1,2	0,3	0,01	267	13	4	0,02	175	33	10	0,05
1	20	23,4	0,7	0,2	0,02	267	13	4	0,02	172	31	10	0,06
2	20	22,7	1,2	0,4	0,03	275	21	6	0,02	133	77	22	0,16
3	17	21,3	2,2	0,7	0,01	289	24	8	0,03	56	101	27	0,49
4	4	20,3	0,4	0,2	0,01	303	30	14	0,05	21	15	6	0,31
Красновидовский плес													
0	18	24,0	1,2	0,3	0,01	270	2	1	0,00	141	14	3	0,02
2	18	23,5	1,3	0,3	0,02	270	6	1	0,00	138	25	7	0,05
4	15	21,1	1,3	0,4	0,01	279	5	2	0,01	95	32	10	0,11
6	14	19,6	0,8	0,2	0,01	286	3	1	0,00	54	16	5	0,09
8	13	17,9	0,9	0,2	0,03	290	2	1	0,00	10	14	4	0,43
9	12	16,6	1,1	0,4	0,01	293	7	2	0,01	3	3	1	0,36
10	10	15,6	0,7	0,2	0,01	299	7	2	0,01	2	1	0	0,14
12	4	14,4	0,5	0,2	0,01	304	2	1	0,00	2	1	1	0,29
Приплотинный плес													
0	20	23,8	1,4	0,3	0,03	260	2	1	0,00	145	10	3	0,02
2	20	21,7	2,9	0,7	0,01	261	4	1	0,00	135	33	8	0,06
4	20	19,8	0,7	0,2	0,01	267	2	1	0,00	84	17	5	0,05
6	20	18,6	1,0	0,3	0,01	270	2	0	0,00	53	26	8	0,15
8	17	17,2	0,6	0,2	0,01	271	3	1	0,00	15	9	3	0,20
10	16	15,7	0,5	0,2	0,02	273	2	1	0,00	3	3	1	0,28
12	15	13,9	1,2	0,3	0,03	276	4	2	0,01	2	1	0	0,26
14	11	11,3	1,1	0,3	0,02	284	6	2	0,01	1	0	0	0,00
16	7	9,7	0,6	0,2	0,02	285	7	2	0,01	1	0	0	0,00
18	7	8,8	0,5	0,2	0,02	286	6	2	0,01	1	1	1	—
Все водохранилище													
0	58	23,8	1,5	0,3	0,01	266	16	5	0,02	154	57	17	0,11
1	58	23,8	1,5	0,4	0,02	265	17	5	0,02	154	58	16	0,11
2	58	23,6	2,2	0,4	0,02	265	16	5	0,02	153	55	15	0,10
3	58	22,6	3,4	0,9	0,04	269	28	7	0,03	135	77	14	0,10
4	52	21,5	3,4	1,2	0,06	274	38	12	0,04	97	129	35	0,36

* Число измерений в слое.

Т а б л и ц а 2

**Вариация концентрации хлорофилла «а», мкг/л,
в поверхностном слое трех районов Можайского
водохранилища 19 июля 2014 г.**

Плес	n^*	Средняя величина	Δ	σ	C_v
Бычковский	20	33,5	20,8	5,4	0,16
Красновидовский	18	6,7	5,6	1,2	0,18
Приплотинный	20	5,7	5,7	1,3	0,22
Все водохранилище	58	15,6	38,4	13,5	0,87

* Число проб.

(до 17:30), результаты картирования демонстрируют еще более сильно выраженную термическую и хлорофилльную пятнистость из-за продолжавшегося сгона воды из залива левого берега и от плотины на запад, к правому вогнутому берегу (рис. 3, III а, в). В этом плесе коэффициент вариации значений концентрации хлорофилла оказался наибольшим (табл. 2).

Приводимые в табл. 1 величины σ сходны с полученными в предшествующих полигонных экспресс-съемках [Даценко и др., 2005, Эдельштейн, 2014б]. Статистические оценки (табл. 1) показывают, что пространственная изменчивость неконсервативных характеристик воды – температуры и содержания кислорода – нередко сильнее выражена не в поверхностных слоях стратифицированного летом долинного водохранилища, а в слоях температурного скачка. Так, в слое на глубине 2–3 м в Бычковском плесе, 8 м в Красновидовском плесе и 10–12 м в Приплотинном плесе значения коэффициента вариации наибольшие.

Такое же аномальное вертикальное распределение C_v температуры, концентрации взвеси, минерального и общего фосфора, кислорода отмечено и в подобном полевом эксперименте «Полигон-2011» [Пуклаков и др., 2015], проводившемся дольше суток только в Красновидовском плесе при несколько бо-

лее ветреной погоде. Причиной большей изменчивости перечисленных характеристик в слоях с максимальными величинами их вертикальных градиентов были пологие внутренние волны.

Выводы:

– результаты выполненного на Можайском водохранилище полевого эксперимента «Тройной полигон-2014» подтверждают, что в антициклоническую маловетренную погоду под воздействием внутрисуточной изменчивости метеорологических характеристик возникает микромасштабная неоднородность свойств воды – так называемая пятнистость. Пространственная изменчивость неконсервативных характеристик качества воды может быть отчетливо выражена не только в поверхностных слоях стратифицированного летом долинного водохранилища, но и в слоях температурного скачка;

– в методическом отношении несомненно, что при подобной пятнистости неконсервативных характеристик качества воды X_i в водной массе водохранилища необходимо при мониторинге получать наиболее вероятное среднее значение X_{cp} . Статистически значимая средняя величина генеральной совокупности точек в любом слое воды в полигоне находится в пределах доверительного интервала ($ДИ = X_{cp} \pm 3\sigma_x/n^{0.5}$) с обеспеченностью $p = 99,7\%$;

– приведенные в табл. 1 величины σ_x сходны с полученными в предшествующих полигонных экспресс-съемках. Однако в верховом районе, занятом фронтальной зоной, в которой в результате смешения речных водных масс формируется основная водная масса водохранилища, значения коэффициентов вариации больше, поэтому доверительный интервал рекомендуется принимать более широким и при мониторинге, и при валидации диагностических модельных расчетов гидроэкологического режима водохранилища, и при прогнозировании синоптических изменений характеристик качества воды.

Благодарности. Работа выполнена за счет гранта РФФИ (проект № 15-05-06108).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Буторин Н.В. К изучению водных масс Рыбинского водохранилища // Тр. ИБВВ АН СССР. 1965. Т. 7(10). Ч. 2. С. 10–25.
- Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах волжского каскада. Л.: Наука, 1969. 322 с.
- Гончаров А.В., Еришова М.Г., Сахарова М.И. и др. Гидрологическая структура и распределение планктона в стратифицированном водохранилище в условиях ветрового воздействия // Биология внутренних вод. 2002. № 2. С. 38–45.
- ГОСТ 17.1.4.02–90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла «а». М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 12 с.
- Даценко Ю.С., Эдельштейн К.К., Гончаров А.В. и др. Изменчивость гидроэкологических характеристик водных масс в центральном плесе Можайского водохранилища // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 3. С. 352–360.
- Еришова М.Г. О применении статистических методов для выделения водных масс // Бюлл. ИБВВ. 1968. № 2. С. 66–70.

- Еришова М.Г. Статистическая оценка неоднородности вод Можайского водохранилища // Комплексные исследования водохранилищ. Вып. 5. М.: МГУ, 1980. С. 69–77.
- Лившиц В.Х., Бархатова И.В., Литвинов А.С. Пространственно-временная изменчивость температуры воды в Рыбинском водохранилище по данным автономных дистанционных измерений // Биология внутренних вод. Информ. бюлл. 1984. № 63. С. 64–67.
- Малютин А.Н., Эдельштейн К.К. Пространственная неоднородность гидрологических характеристик в водохранилище // Комплексные исследования водохранилищ. Вып. 5. М.: МГУ, 1980. С. 56–68.
- Пуклаков В.В., Даценко Ю.С., Гончаров А.В. и др. Гидроэкологический режим водохранилищ Подмосковья (наблюдения, диагност. прогноз). М.: Перо, 2015. 286 с.
- Эдельштейн К.К. Об изучении водных масс малых водохранилищ // Комплексные исследования водохранилищ. Вып. 1. М.: МГУ, 1971. С. 27–32.

Эдельштейн К.К. Водные массы долинных водохранилищ. М.: МГУ, 1991. 176 с.

Эдельштейн К.К. Структурная гидрология суши. М.: ГЕОС, 2005. 316 с.

Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. М.: Перо, 2014а. 399 с.

Эдельштейн К.К. Новый подход к оценке репрезентативности данных мониторинга качества воды в водохранилищах – источниках питьевого водоснабжения // ВодаMagazine. 2014б. № 7 (83). С. 36–43.

Поступила в редакцию 19.11.2016
Принята к публикации 02.06.2016

D.I. Sokolov¹, O.N. Erina², K.K. Edelshtein³

VARIABILITY OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN A STRATIFIED RESERVOIR

The procedure of rapid synchronous hydrological surveys of three polygons in different parts of the slow-circulating valley Mozhaik reservoir performed on July 19, 2014, under the «Triple polygon–2014» experiment is presented.

The grid density of 58 stations (st.) within the three polygons ranged from 1 st. per 14 ha to 1 st. per 5 ha. Such stations concentration was never reached during limnological surveys on lakes and reservoirs, either in Russia or abroad. This made it possible to perform a reliable, statistically valid estimate of a microscale heterogeneity (patchiness) of water composition and properties in different parts of a multi-stretch reservoir under the same weather conditions.

Survey data showed the patchiness of measured values of temperature (coefficient of variation C_v reaching 0.03), oxygen content (C_v up to 0.49) and chlorophyll «a» (C_v up to 0.22), due to water masses vertical stratification and changing synoptic conditions during the day. It was detected that the spatial variability of non-conservative water quality indices is often more pronounced in thermocline layers rather than the surface layers of summer-stratified valley reservoir.

Results of cartographical and statistical evaluation of spatial heterogeneity of water quality indices obtained during the experiment can be applied to improve the monitoring of reservoirs – the centralized water supply sources and recreational centers, and suggest the procedures for the simulation of their hydro-ecological regime by mathematical models.

Key words: reservoir, stratification, polygonal survey, water quality.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project N 15-05-06108).

REFERENCES

Butorin N.V. Gidrologicheskie processy i dinamika vodnyh mass v vodohranilishhah volzhskogo kaskada [Hydrological processes and dynamics of water masses in reservoirs of the Volga cascade], Leningrad, Nauka, 1969, 322 p. (in Russian).

Butorin N.V. K izucheniju vodnyh mass Rybinskogo vodohranilishha [On the researches of water masses of Rybinsk reservoir], Tr. IBVV AN SSSR, 1965, vol. 7(10), pt 2, pp. 10–25 (in Russian).

Datsenko Yu.S., Edelshtein K.K., Goncharov A.V. et al. Izmenchivost' gidroekologicheskikh harakteristik vodnyh mass v central'nom plese Mozhayskogo vodohranilishha [Variations in the hydroecological characteristics of water masses in the central pool of the Mozhaik reservoir], Vodnye resursy, 2005, vol. 32, no 3, pp. 352–360 (in Russian).

Edelshtein K.K. Gidrologiya ozer i vodohranilishh [Hydrology of lakes and reservoirs], Moscow, Pero, 2014a, 399 p. (in Russian).

Edelshtein K.K. Novyj podhod k ocenke reprezentativnosti dannyh monitoringa kachestva vody v vodohranilishhah-istochnikah pit'evogo vodosnabzhenija [A new approach to evaluate the representativeness of water quality monitoring data in reservoirs –

drinking water supply sources], VodaMagazine, 2014b, no 7(83), pp. 36–43 (in Russian).

Edelshtein K.K. Ob izuchenii vodnyh mass malyh vodohranilishh [On the research of water masses in small reservoirs], Kompleksnye issledovaniya vodohranilishh, iss. 1, Moscow, MSU, 1971, pp. 27–32 (in Russian).

Edelshtein K.K. Strukturnaja gidrologiya sushi [Structural hydrology of land], Moscow, GEOS, 2005, 316 p. (in Russian).

Edelshtein K.K. Vodnye massy dolinnyh vodohranilishh [Water masses in valley reservoirs], Moscow, MSU, 1991, 176 p. (in Russian).

Ershova M.G. O primenenii statisticheskikh metodov dlja vydeleniya vodnyh mass [On application of statistical methods to define water masses], Bull. IBVV, 1968, no 2, pp. 66–70 (in Russian).

Ershova M.G. Statisticheskaja ocenka neodnorodnosti vod Mozhayskogo vodohranilishha [Statistical estimation of waters heterogeneity in the Mozhaik reservoir], Kompleksnye issledovaniya vodohranilishh, iss. 5, Moscow, MGU, 1980, pp. 69–77 (in Russian).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Senior Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: Dmitry.Sokolov@yandex.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: tamiblack@yandex.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: emek-05@mail.ru

Goncharov A.V., Ershova M.G., Sakharova M.I. et al. Gidrologicheskaja struktura i raspredelenie planktona v stratificirovannom vodohranilishhe v uslovijah vetrovogo vozdejstvija [Hydrological structure and plankton distribution in a stratified reservoir under wind exposure], *Biologija vnutrennih vod*, 2002, no 2, pp. 38–45 (in Russian).

GOST 17.1.4.02–90. Voda. Metodika spektrofotometričeskogo opredelenija hlorofilla «a» [Water. Spectrophotometric determination of chlorophyll «a»], Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 1999, 12 p. (in Russian).

Livshits V.Kh., Barkhatova I.V., Litvinov A.S. Prostranstvenno-vremennaja izmenchivost' temperatury vody v Rybinskom vodohranilishhe po dannym avtonomnyh distancionnyh izmerenij

[Space-time variability of water temperature in Rybinsk reservoir according to autonomous remote metering], *Biologija vnutrennih vod*, Inform. bull., 1984, no 63, pp. 64–67 (in Russian).

Malutin A.N., Edelshtein K.K. Prostranstvennaja neodnorodnost' gidrologicheskikh harakteristik v vodohranilishhe [Spatial inhomogeneity of hydrological characteristics in reservoirs], *Kompleksnye issledovanija vodohranilishh*, iss. 5, Moscow, MSU, 1980, pp. 56–68 (in Russian).

Puklakov V.V., Datcenko Yu.S., Goncharov A.V. et al. Gidrojekologicheskij rezhim vodohranilishh Podmoskov'ja (nabljudenija, diagnoz, prognoz) [Hydroecological regime of reservoirs near Moscow (observations, diagnosis, forecast)], Moscow, Pero, 2015, 286 p. (in Russian).

Received 19.11.2016

Accepted 02.06.2016

УДК 551.509.313.43

Е.Д. Бабина¹, А.Г. Георгиади²

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И СУММ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В БАСЕЙНЕ Р. ЛЕНА ГЛОБАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ

Приведены результаты оценки качества воспроизведения годовой и сезонной температуры воздуха и количества атмосферных осадков для крупного речного бассейна р. Лена глобальными климатическими моделями общей циркуляции атмосферы в качестве этапа для построения сценариев возможных изменений климата, которые могут быть использованы в гидрологических приложениях. В качестве характеристик наблюдаемого климата использованы данные, интерполированные в узлы регулярной сетки с шагом $0,5^\circ$ по широте и долготе за 1938–1999 гг. из глобального архива CRU (Climatic Research Unit). Для оценки качества модельного воспроизведения современного климата применен метод, основанный на критерии Нэша–Сатклифа. Оценка качества воспроизведения комплекса среднебассейновых годовых и сезонных характеристик температуры воздуха и количества атмосферных осадков в бассейне Лены позволила ранжировать климатические модели, включенные в программу CMIP3.

Ключевые слова: глобальные климатические модели, воспроизведение температуры и осадков, критерий Нэша–Сатклифа, бассейн р. Лена.

Введение. Проблема оценки качества воспроизведения современных климатических условий глобальными моделями общей циркуляции атмосферы возникла в связи со значительными различиями сценариев изменения климата в будущем. Она связана с рядом причин [Георгиади и др., 2011, 2014; Анисимов и др., 2011; IPCC..., 2007], среди которых разница в схемах параметризации процессов, используемых в глобальных климатических моделях. Эти неопределенности затрудняют использование климатических сценариев для оценки последствий изменения климата, в том числе гидрологических.

Использование результатов глобальных климатических моделей, включенных в ряд экспериментов по их сравнению [Георгиади и др., 2011, 2014], выполняемых в рамках программы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), основано на следующих подходах. Один из них, который развивается преимущественно в нашей стране, состоит в предварительном отборе моделей на основе сравнения характеристик наблюдаемого и модельного климата для какого-либо региона или страны в целом [Георгиади и др., 2011, 2014; Кислов, Бабина, 2008; Кокорев, Анисимов, 2013; Менжулин и др., 2005]. Другой подход используется в ряде стран Европы и Северной Америки. Он основан на коррекции (bias correction) характеристик современного модельного климата с использованием специальной функции, которая определяется на основе статистического анализа многолетних модельных и наблюдаемых климатических полей [Haerter et al., 2011].

Для сравнения привлекаются различные характеристики современного климата (средне-многолетние годовые и сезонные климатические харак-

теристики и их многолетние тренды, а также климатические индексы). Их перечень определяется задачами исследований и площадью регионов, для которых проводится сравнение. Площадь варьирует в широких пределах в зависимости от решаемых задач [Кислов, Бабина, 2008; Менжулин и др., 2005; Haerter et al., 2011; Торопов, 2005; IPCC..., 2007]. Главный критерий выделения того или иного региона – его физико-географическая однородность, определяемая, например, на основе классификаций климата [Menzhulin et al., 2008] или синхронности долговременных тенденций в многолетних изменениях климатических характеристик [Кокорев, Анисимов, 2013].

В ряде последних исследований отмечается [там же], что для сравнения модельных и наблюдаемых характеристик климата оптимален именно региональный уровень с выделением однородных в климатическом (гидрологическом) отношении крупных регионов, для которых глобальные модели относительно надежно воспроизводят наблюдаемые климатические характеристики. В рамках регионализации результатов расчетов, полученных на глобальных климатических моделях, этот этап имеет важнейшее значение для построения их региональных ансамблей, на основе которых можно получить оптимальную сценарную оценку климатических изменений [Кокорев, Анисимов, 2013; Вильфанд и др., 2010].

Для оценки качества модельных расчетов используются как данные наблюдений на метеостанциях [Кислов, Суркова, 2009; Кокорев, Анисимов, 2013; Менжулин и др., 2005], так и глобальные сеточные архивы, подготовленные на основе данных наблюдений и реанализов [Павлова и др., 2014; Торопов, 2005; IPCC..., 2007; Reichler, Kim, 2008].

¹ Институт географии РАН, лаборатория климатологии, науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: babina_ekaterina@mail.ru

² Институт географии РАН, лаборатория гидрологии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: galex50@gmail.com

Основная задача исследования состоит в оценке качества воспроизведения характеристик наблюдаемого климата глобальными климатическими моделями общей циркуляции атмосферы для крупного речного бассейна, который характеризуется распространением многолетнемерзлых грунтов, а также редкой сетью метеорологических станций. При этом сравниваются многолетние среднегодовые значения температуры воздуха и сумм атмосферных осадков, а также среднесезонные величины для зимы, половодья и летне-осеннего периода, осредненные для всего водосбора. В последующем полученные результаты послужат основой для оценки соответствующих сценарных гидрологических изменений.

Материалы и методы исследований. Для оценки результатов модельных расчетов применялся подход «окрестность—окрестность», который состоит в сравнении окрестностей модельных расчетов и наблюдений [Кислов, Бабина, 2008]. Сравниваются модельные и наблюдаемые данные, осредненные для всей площади бассейна Лены. В качестве источника наблюдаемых данных использован глобальный архив CRU TS3.10 (Climatic Research Unit Time-Series Version 3.10 of High Resolution Gridded Data of Month-by-month Variation in Climate, <http://climexp.knmi.nl>) с шагом $0,5^\circ$ по широте и долготе. Отметим, что архивные данные для сопоставления с ними исходных модельных оценок интерполировались на равномерную сетку с тем же разрешением методом кригинга из пакета Surfer [Кислов и др., 2008]. Математическая основа этого метода представляет собой обобщенный вид линейной регрессии [Zeng, 2005].

За основной критерий оценки качества модельного воспроизведения современного климата принят критерий Нэша—Сатклифа [Nash, Sutcliffe, 1970], который успешно применяется в гидрологии при оценке качества прогнозов и моделирования гидрологических процессов [Виноградов, Никифоровский, 2015; Гусев, Насонова, 2010; Moriasi et al., 2007]:

$$Eff = 1 - \frac{\sum (x_{cal} - x_{obs})^2}{\sum (x_{obs} - \bar{x}_{obs})^2},$$

где Eff — критерий Нэша—Сатклифа, x_{cal} — модельные значения, x_{obs} — наблюдаемые значения, $\bar{x}_{obs}$ — средние наблюдаемые значения.

Критерий Нэша—Сатклифа определяется как разность единицы и отношения сумм квадратов отклонений модельных и наблюдаемых данных к дисперсии наблюдаемых данных. Он также рекомендован Всемирной метеорологической организацией для сравнительного анализа моделей [Виноградов, Никифоровский, 2015]. Отметим, что этот критерий уже используется для оценки качества модельного воспроизведения не только гидрологических [Виноградов, Никифоровский, 2015; Гусев, Насонова, 2010; Moriasi et al., 2007], но и климатических характери-

стик глобальной климатической системы [Reichler, Kim, 2008].

Нами для оценки качества модельных расчетов применялся метод, основанный на выделении ряда градаций указанного критерия, что позволяет ранжировать климатические модели по качеству воспроизведения наблюдаемых климатических характеристик [Moriasi et al., 2007; Аполлов, 1974]. В качестве первого приближения мы вслед за [Аполлов, 1974; Гусев, Насонова, 2010] использовали следующие три градации. Первую группу образуют модели с наименьшими расчетными отклонениями от наблюдаемых данных ($Eff \geq 0,75$), во вторую включаются модели, для которых $0,36 \leq Eff < 0,75$, а к третьей группе отнесены модели с наибольшими отклонениями ($Eff < 0,36$). Граничные значения критерия можно в дальнейшем уточнять в зависимости от задачи исследований.

Такой подход позволяет объективно выделить (ранжировать) группы климатических моделей с учетом качества воспроизведения комплекса климатических характеристик. Алгоритм такого ранжирования применительно к 8 рассматриваемым нами характеристикам температуры воздуха и атмосферных осадков приведен ниже.

Отметим, что для ранжирования моделей, сравниваемых не по одной, а по нескольким климатическим характеристикам, используются и другие подходы. В основе одного из них [Кокорев, Анисимов, 2013; Менжулин и др., 2005] в качестве интегральных показателей качества моделей применяется сумма занимаемых той или иной моделью позиций в рядах, ранжированных по точности воспроизведения отдельных характеристик. При таком подходе основой для ранжирования моделей служат оценки относительной (условной) точности расчетов (определяемой по положению в соответствующем ранжированном ряду), что может не отражать реальный уровень надежности (ошибок) модельных расчетов. В другом подходе [Reichler, Kim, 2008], который, по существу, близок к предыдущему, модели ранжируются на основе суммы абсолютных величин ошибок воспроизведения каждой характеристики, входящей в их рассматриваемый набор.

Характеристика исходных климатических данных. Верификация модельных результатов проводилась для бассейна р. Лена — одного из крупнейших речных бассейнов Северной Евразии (площадь $\sim 2,5$ млн км²), протяженность которого с севера на юг составляет 2500 км. Он крайне неравномерно освоен данными метеорологических наблюдений. Станции расположены преимущественно в южной части бассейна, практически нет станций на севере и в горах. В качестве характеристик наблюдаемого климата использованы данные, интерполированные в узлы регулярной сетки с шагом $0,5^\circ$ по широте и долготе за период 1938–1999 гг. из глобального архива CRU (Climatic Research Unit, <http://climexp.knmi.nl>).

Данные климатического моделирования. Сравнение характеристик модельного и наблюдаемого климата проводилось для каждой из 21 глобаль-

ных климатических моделей, включенных в ансамбль проекта «20C3M-20th Century Climate in Coupled Models» [Meehl, 2007] (архив <http://ensembles-eu.metoffice.com/>) (табл. 1). Модели различаются пространственным разрешением, числом вертикальных уровней, а также алгоритмами параметризации подсеточных процессов [Meehl et al., 2007].

Очевидно, что решение ряда гидрологических задач требует пространственной детализации наблюдаемых и модельных данных о климатических характеристиках [Кислов и др., 2007; Бабина, 2011; Wilby, 1997].

Результаты исследований и их обсуждение.
Диапазон межмодельного разброса отклонений.
Сравнивались наблюдаемые и модельные средние

многолетние значения климатических характеристик, средние за год, за зимний период (ноябрь–апрель), за период половодья (май–июль) и летне-осенний период (август–октябрь), осредненные для всего бассейна Лены.

Результаты сравнения показывают, что диапазон межмодельного разброса отклонений среднегодовой температуры воздуха (здесь и далее они приведены в абсолютных величинах) составляет 0,8–3,3 °С (табл. 2). Размах межмодельного разброса отклонений среднезимней температуры воздуха варьирует в пределах 1,3–4,2 °С, средней температуры воздуха за период половодья – 1–4,8 °С, а за лето-осень – 0,7–4,7 °С.

Таблица 1

Модели, результаты интегрирования которых использованы в работе

Модель	Организация	Страна	Пространственное разрешение
CCSM3.0	Национальный центр атмосферных исследований	США	T85L26
CNRM	Национальный центр климатических исследований	Франция	T42L45
CSIRO	Общественно-благотворительная научная и производственно-исследовательская организация «Атмосферные исследования»	Австралия	T63L18
ECHAM5 MPI-OM	Институт метеорологии Макса Планка	Германия	T63L32
ECHO G	Университет Бонна	Германия	T30L19
GFDL-CM2.0	Лаборатория геофизической гидродинамики Национальной администрации исследований атмосферы и океана	США	N45L24
GFDL-CM2.1	то же	США	M45L24
IPSL	Институт Пьера Симона Лапласа	Франция	96x72x19
MIROC3.2 (hires)	Центр исследований климатической системы	Япония	T42L20
MIROC3.2 (medres)	то же		
MRI CGCM 2.3.2	Метеорологический исследовательский институт	Япония	T42L30
PCM	Национальный атмосферный центр	США	T42L18
CGCM	Канадский центр климатического моделирования и анализа	Канада	T47L31
BCCR BCM2.0	Центр климатических исследований Бергена	Норвегия	T63L31
FGOALS g.1	Институт атмосферной физики в Академии наук Китая	Китай	2,8x2,8x26
GISS AOM	Годдард Институт метеорологических исследований	США	4x3x12
GISS EH	то же	США	4x5x20
GISS ER	— " —	США	4x5x20
INGV	Национальный институт геофизики и вулканологии	Франция	T42L19
INM	Институт вычислительной математики РАН	Россия	5x4L21
UKMO HadCM3	Центр атмосферных исследований и прогноза Хэдлей	Великобритания	2,75x3,75

Таблица 2

Значения характеристик, рассчитанных за период 1938–1999 гг.

Среднебассейновые средние многолетние среднегодовые наблюдаемые значения							
температура воздуха, °С				сумма атмосферных осадков, мм			
год	зима, XI–IV	половодье, V–VII	лето–осень, VIII–X	год	зима, XI–IV	половодье, V–VII	лето–осень, VIII–X
–10,0	–27,1	13,2	2,4	363	93	136	134
Диапазон отклонений модельных и наблюдаемых значений среднебассейновых средних многолетних среднегодовых значений							
температура воздуха, °С				сумма атмосферных осадков, мм			
год	зима	половодье	лето–осень	год	зима	половодье	лето–осень
Разница наблюдаемых и среднемодельных значений							
Все модели							
1,9	2,6	2,0	2,0	27	25	23	31
Самые худшие оценки							
3,3	4,2	4,8	4,7	49	49	43	55
Оценки, осредненные по расчетам на моделях, для которых $Eff < 0,36$							
2,5	4,0	2,3	2,8	33	27	24	34
Оценки, осредненные по расчетам на моделях, для которых $0,36 \leq Eff < 0,75$							
1,8	2,6	1,9	2,4	26	26	23	32
Оценки, осредненные по расчетам на моделях, для которых $Eff \geq 0,75$							
1,0	1,4	1,1	1,2	26	18	15	22
Наилучшие оценки							
0,8	1,3	1,0	0,7	13	12	12	22

Диапазон межмодельного разброса отклонений количества атмосферных осадков, в отличие от температуры воздуха, не сильно отличается для разных сезонов года и года в целом (табл. 2), в то время как наибольшие относительные ошибки характерны для зимнего сезона, что связано с их небольшим количеством.

Среднемодельные отклонения температуры воздуха составляют (°С) 1,9 для годовой температуры, 2,6 для среднезимней, 2,0 для половодья, 2,0 для лета–осени. Для количества атмосферных осадков оно равно (мм) для годовых сумм 27 (7%), для зимы 25 (27%), лета–осени 31 (23%), и для половодья 23 (17%).

Отметим, что ошибки модельных оценок температуры воздуха и количества атмосферных осадков сопоставимы с ошибками расчетов, полученных для территории Восточно-Европейской равнины [Кислов и др., 2008].

Разброс отклонений, осредненных по группам моделей. В табл. 2 и на рисунке показаны осредненные для площади бассейна Лены средние по трем группам моделей (составленных на основе указанных выше градаций критерия Eff) отклонения модельных оценок наблюдаемых значений среднегодовой и среднесезонной температуры воздуха, годовой и сезонной сумм количества атмосферных осадков. В них приведены также наименьшие и наибольшие отклонения, которые выбраны

из результатов расчетов, проведенных для каждой модели.

Сравнение средних отклонений по группам моделей показывает, что для температуры воздуха максимальные значения, как правило, характерны для зимы, а наименьшие – для лета–осени.

Разброс отклонений для температуры воздуха максимален в период половодья и летом–осенью, а минимален – для их годовых значений. Размах отклонений количества атмосферных осадков в основные гидрологические сезоны года примерно одинаков.

Группы климатических моделей, выделенные на основе критерия Нэша–Сатклифа. В табл. 3 приведены результаты расчетов критерия качества Eff для средних многолетних средних годовых и средних по гидрологическим сезонам отклонений климатических характеристик (температура воздуха и количество атмосферных осадков) наблюдаемого и модельного климатов, осредненных для бассейна Лены.

К группе моделей с наименьшими отклонениями ($Eff \geq 0,75$) среднегодовой и сезонной температуры воздуха от наблюдаемых данных относятся модели CCSM3.0, FGOALS g.1, IPSL. К промежуточной группе ($0,36 \leq Eff < 0,75$) – модели CNRM, ECHAM5 MPI-OM, GFDL-CM2.1, GFDL-CM2.0, IPSL, MIROC3.2 (hires), UKMO HadCM3 (табл. 3),

Таблица 3

Значения критерия Нэша–Сатклифа для средних многолетних климатических характеристик, осредненных для бассейна р. Лена

Модель	Средняя температура воздуха за				Сумма атмосферных осадков за			
	год	зиму	половодье	лето–осень	год	зиму	половодье	лето–осень
CCSM3.0	0,94	0,32	0,96	0,71	0,92	0,24	0,93	0,29
CNRM	0,72	0,70	0,52	0,76	0,96	0,30	0,52	0,23
CSIRO	0,57	0,61	0,57	0,34	0,84	0,30	0,57	0,33
ECHAM5 MPI-OM	0,66	0,59	0,37	0,38	0,34	0,75	0,37	0,48
ECHO G	0,35	0,68	0,32	0,55	0,49	0,69	0,32	0,50
GFDL-CM2.0	0,8	0,35	0,69	0,35	0,32	0,28	0,69	0,74
GFDL-CM2.1	0,69	0,51	0,72	0,42	0,82	0,31	0,72	0,92
IPSL	0,42	0,37	0,97	0,92	0,90	0,33	0,98	0,49
MIROC3.2 (hires)	0,52	0,93	0,32	0,70	0,50	0,90	0,4	0,38
MIROC3.2 (medres)	0,68	0,60	0,28	0,80	0,87	0,70	0,26	0,75
MRI CGCM 2.3.2	0,72	0,61	0,45	0,25	0,71	0,72	0,45	0,39
PCM	0,56	0,46	0,42	0,24	0,47	0,29	0,42	0,35
CGCM	0,31	0,83	0,29	0,68	0,28	0,31	0,29	0,32
BCCR BCM2.0	0,33	0,43	0,51	0,65	0,30	0,34	0,51	0,51
FGOALS g.1	0,93	0,99	0,30	0,84	0,37	0,33	0,30	0,39
GISS AOM	0,31	0,40	0,30	0,89	0,62	0,43	0,65	0,62
GISS EH	0,27	0,26	0,68	0,95	0,50	0,27	0,68	0,60
GISS ER	0,30	0,25	0,23	0,27	0,51	0,87	0,33	0,33
INGV	0,41	0,79	0,26	0,23	0,84	0,88	0,28	0,69
INM	0,22	0,55	0,29	0,54	0,90	0,62	0,30	0,26
UKMO HadCM3	0,53	0,56	0,69	0,83	0,96	0,89	0,69	0,29

тогда как аналогичную группу для отклонений годовых и сезонных сумм количества атмосферных осадков составляют модели MIROC3.2 (hires), MRI CGCM 2.3.2, PCM, GISS AOM (табл. 3).

Группу моделей, для которых расчетные отклонения как для температуры воздуха, так и для количества атмосферных осадков (среднегодовых и среднесезонных) попадают в диапазон $0,36 \leq \text{Eff} < 0,75$, составляют модели ECHO G, MRI CGCM 2.3.2, MIROC3.2 (hires), PCM, GISS AOM, а к группе с наименьшими отклонениями ($\text{Eff} \geq 0,75$) относятся модели ECHAM5 MPI-OM, CCSM3.0, GFDL-CM2.1, IPSL, MIROC3.2 (medres), INGV, UKMO HadCM3 (табл. 3). Отметим, что некоторые модели дают наименьшие отклонения лишь для отдельных характеристик температуры воздуха и количества атмосферных осадков (табл. 3).

На основе анализа способности моделей воспроизводить комплекс рассматриваемых характеристик температуры воздуха и количества атмосферных осадков, исходящей из выбранных градаций критерия Eff (табл. 3), выделены их следующие

группы (по снижению точности): модели ECHAM5 MPI-OM, GFDL-CM2.1, IPSL, MIROC3.2 (hires), MRI CGCM 2.3.2, UKMO HadCM3, которые лишь одну характеристику из 8 воспроизводят наилучшим образом (это преимущественно осадки, причем зимние). Вторая группа объединяет модели с двумя такими характеристиками: ECHO G, BCCR BCM2.0, CNRM, MIROC3.2 (medres), PCM, GISS AOM; третья группа с тремя характеристиками: CCSM3.0, CSIRO, FGOALS g.1, GISS EH, INGV; четвертая группа с четырьмя характеристиками: GFDL-CM2.0, INM. В последнюю группу входят две модели – CGCM и GISS ER, в которых точность только 2 характеристик из 8 соответствует $\text{Eff} \geq 0,36$.

Аналогичным образом можно ранжировать модели по качеству воспроизведения набора характеристик по отдельным сезонам, а также по другим характеристикам (например, многолетним трендам, климатическим индексам). Полученные оценки позволяют обосновывать выбор моделей для исследования сценарных изменений тех или иных характеристик регионального климата.

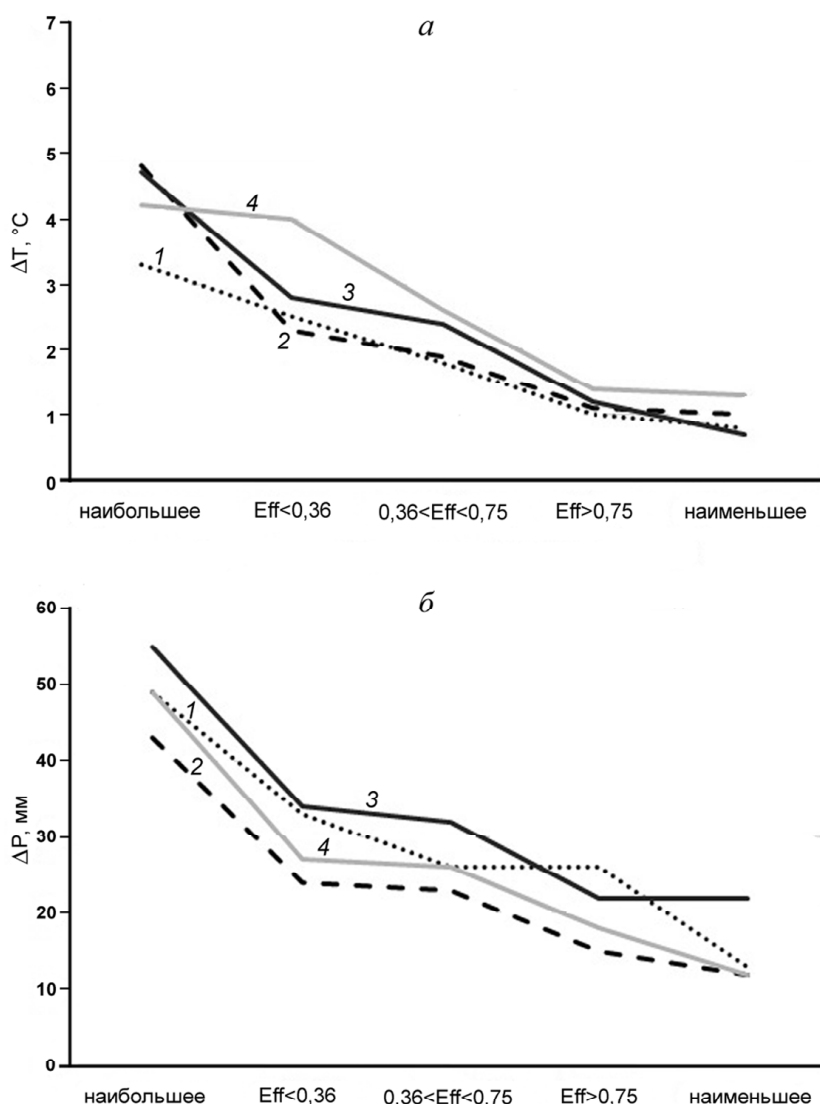
Отметим также, что включение той или иной модели в разные по ранжиру группы (табл. 3) иногда определяется различием величины критерия в сотые доли, что в ряде случаев вносит некоторую условность в такое разделение. Поэтому в подобных случаях необходим дополнительный анализ для того, чтобы обосновать включение той или иной модели в определенную группу.

Выводы:

– для оценки качества воспроизведения глобальными климатическими моделями наблюдаемых характеристик регионального климата использован метод, основанный на критерии Нэша–Сатклифа и выделении его граничных значений, определяющих качество модельных расчетов. Такой подход в течение нескольких десятилетий широко используется для оценки результатов гидрологических расчетов, в том числе для моделирования гидрологических процессов;

– оценка качества воспроизведения комплекса среднечасовых годовых и сезонных характеристик температуры воздуха и количества атмосферных осадков в пределах крупного речного бассейна р. Лена позволила ранжировать климатические модели, включенные в программу CMIP 3;

– полученные результаты создают основу для обоснования выбора регионального ансамбля климатических моделей, на основе которого может быть получена оптимальная сценарная оценка изменений регионального климата и соответствующих гидрологических изменений.



Средние по группам моделей отклонения от наблюдаемых значений (осредненных по площади бассейна Лены) температуры воздуха (а) и атмосферных осадков (б): 1 – среднегодовые, 2 – за период половодья, 3 – за летне-осенний период, 4 – за зимний период

The average variation from observations in groups of models (averaged Lena basin area) air temperature (a) and atmospheric precipitation (b): 1 – annual, 2 – flood period, 3 – summer-autumn period, 4 – winter period

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 11-05-01057).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анисимов О.А., Борзенкова И.И., Жильцова Е.Л. и др. Гидрометеорологические условия Волжского региона и современные изменения климата // Метеорология и гидрология. 2011. № 5. С. 33–42.

Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 420 с.

Бабина Е.Д. Развитие метода динамической интерполяции метеорологических полей на базе модели MM5: Автореф. канд. дисс. М., 2011. 20 с.

Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. Мезомасштабный краткосрочный прогноз погоды в Гидрометцентре России на примере COSMO-RU // Метеорология и гидрология. 2010. № 1. С. 5–17.

Виноградов А.Ю., Никифоровский А.А. Анализ соответствия критериев качества моделирования процессов формирования стока малых рек // Вестн. МГОУ. Сер. Естест. науки. 2015. № 2. С. 33–38.

Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П. и др. Сценарная оценка вероятных изменений речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 1. Бассейн реки Лены. М.: Макс Пресс, 2011. 179 с.

Георгиади А.Г., Коронкевич Н.И., Милукова И.П. и др. Современные и сценарные изменения речного стока в бассейнах крупнейших рек России. Ч. 2. Бассейны рек Волги и Дона. М.: Макс Пресс, 2014. 214 с.

Гусев Е.М., Насонова О.Н. Моделирование тепло- и влагообмена поверхности суши с атмосферой. М.: Наука, 2010. 328 с.

Кислов А.В., Бабина Е.Д. Мезомасштабная модель атмосферной циркуляции как средство интерполяции метеорологических полей с высоким пространственным разрешением // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2008. № 4. С. 17–21.

Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления. М.: Макс Пресс, 2008. 290 с.

Кислов А.В., Георгиади А.Г., Алексеева Л.И., Бородин О.О. Физико-статистическая модель «даунскейлинга» температуры и осадков в регионах с редкой измерительной сетью (на примере бассейна р. Лена) // Метеорология и гидрология. 2007. № 8. С. 29–36.

Кислов А.В., Суркова Г.В. Пространственно-детализированный климатический прогноз температуры воздуха и осадков в Восточной Сибири на основе учета локальных особенностей подстилающей поверхности // Метеорология и гидрология. 2009. № 3. С. 43–52.

Кокорев В.А., Анисимов О.А. Построение оптимизированной ансамблевой климатической проекции для оценки последствий изменений климата на территории России. М.: Планета, 2013. 131 с.

Менжулин Г.В., Шамигулин В.И., Савватеев С.П. К оценке точности модельных сценариев изменений климата, рекомендованных комиссией IPCC для расчетов сценариев изменений климата, рекомендованных комиссией последствий глобального потепления // Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии. СПб.: Наука, 2005. С. 55–85.

Павлова Т.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. и др. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата на территории Российской Федерации. Гл. 3.1. Новое поколение климатических моделей. М.: Росгидромет, 2014. С. 286–320.

Торопов П.А. Оценка качества воспроизведения моделью общей циркуляции климата Восточно-Европейской равнины // Метеорология и гидрология. 2005. № 5. С. 5–22.

Haerter O.J., Hagemann S., Moseley C., Piani C. Climate model bias correction and the role of timescales // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2011. Vol. 15. P. 1065–1079.

IPCC Fourth Assessment Report // Climate Change 2007. Switzerland, Geneva, 2007. 104 p.

Meehl G.A., Covey C., Delworth T. et al. The WCRP CMIP3 multi-model dataset: A new era in climate change research // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2007. Vol. 8. P. 1383–1394.

Menzhulin G., Peterson G., Shamshurina N. Availability of the new climate models to reproduce the historical climate variations: Whether the climate changes scenarios recommended in the 4th IPCC report can be ranked by their accuracy? // Symposium on Climate Change and Variability – Agrometeorological Monitoring and Coping Strategies for Agriculture. Norway, Oscarsborg, 2008. June 3–6.

Moriasi D.N., Arnold J.G., VanLiew M.W. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations // Amer. Soc. Agricult. and Biol. Engineers. 2007. Vol. 50(3). P. 885–900.

Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models. P. I. A discussion of principles // J. Hydrology. 1970. Vol. 10(3). P. 282–290.

Reichler T., Kim J. How well do coupled models simulate today's climate? // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2008. Vol. 3. P. 303–311.

Wilby R.L. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations // Progr. in Phys. Geogr. 1997. Vol. 21. P. 4–12.

Zeng L.H. Kriging variance and other error related output // Minesight in the Foreg. 2005. Vol. 21(7). P. 1–4.

Поступила в редакцию 11.06.2015

Принята к публикации 02.06.2016

E.D. Babina¹, A.G. Georgiadi²

EVALUATION FOR SIMULATION OF AIR TEMPERATURE AND ATMOSPHERIC PRECIPITATION IN THE LENA RIVER BASIN BY GLOBAL CLIMATE MODELS

The quality of annual and seasonal temperature and precipitation simulation by global climate models for the Lena river basin is evaluated as a stage for the construction of possible climate change scenarios, which can be used in hydrological applications. The observed climate is characterized by climatic data of the CRU (Climatic Research Unit) global archive; they were interpolated to the 0,5° latitude/longitude grid for 1938–1999 period. To assess the quality of model climate simulation the Nash-Sutcliffe criterion was used. The evaluation of the quality of simulation of annual and seasonal temperature and precipitation characteristics in the Lena River basin allow ranking the CMIP3 climate models.

Key words: global climate models, simulation of air temperature and precipitation, Nash-Sutcliffe criterion, Lena River basin.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Scientific Foundation (project N 11-05-01057)

REFERENCES

Anisimov O.A., Borzenkova I.I., Zhiltsova E.L. et al. Gidrometeorologicheskie usloviya Volzhskogo regiona i sovremennye izmeneniya klimata [Hydrometeorological conditions of the Volga region and the current climate change], Meteorologiya i gidrologiya, 2011, no 5, pp. 33–42 (in Russian).

Apollov B.A., Kalinin G.P., Komarov V.D. Kurs gidrologicheskikh prognozov [Course of hydrological forecasts], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1974, 420 p. (in Russian).

Babina E.D. Razvitie metoda dinamicheskoy interpolatsii meteorologicheskikh poley na baze modeli MM5 [Development of meteorological fields dynamic interpolation method based on MM5 model], Avtoref. Phd. Moscow, 2011, 20 p. (in Russian).

Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukov I.P. et al. Scenarnaya otsenka veroyatnykh izmeneniy rechnogo stoka v basseynah krupneyshih rek Rossii. Chast' 1. Basseyn reki Leny [Scenario assessment of the likely changes in the river flow in large

¹ Institute of Geography, RAS, Laboratory of Climatology, Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: babina_ekaterina@mail.ru

² Institute of Geography, RAS, Laboratory of Climatology, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: galex50@gmail.com

river basins of Russia. t. 1. Basin of Lena River], Moscow, Maks Press, 2011, 179 p. (in Russian).

Georgiadi A.G., Koronkevich N.I., Milyukov I.P. et al. Sovremennye i scenariye izmeneniya rechnogo stoka v basseynah krupneyshih rek Rossii. Chast' 2. Basseyny rek Volgi i Dona [Modern and scenic river flow changes in large river basins of Russia. t. 2: River basins of the Volga and the Don], Moscow, Maks Press, 2014, 214 p. (in Russian).

Gusev E.M., Nasonova O.N. Modelirovanie teplo- i vlogoobmena poverhnosti sushi s atmosferoy [Modeling of heat and moisture of the land surface to the atmosphere], Moscow, Nauka, 2010, 328 p. (in Russian).

Haerter O.J., Hagemann S., Moseley C., Piani C. Climate model bias correction and the role of timescales // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2011. Vol. 15. P. 1065–1079.

IPCC Fourth Assessment Report // *Climate Change 2007*. Switzerland, Geneva, 2007. 104 p.

Kislov A.V., Babina E.D. Mezomashstbnaya model' atmosfery cirkulatsii kak sredstvo interpolatsii meteorologicheskikh poley s vysokim prostranstvennym razresheniem [Mesoscale model of atmospheric circulation as a means of interpolation of meteorological fields with high spatial resolution], *Vestnik Moskovskogo Universiteta, seria 5, Geografiya*, 2008, no 4, pp. 17–21 (in Russian).

Kislov A.V., Evstigneev V.M., Malhazova S.M. Prognoz klimaticheskoy resursoobespechennosti Vostochno-evropeyskoy ravniny v usloviyakh potepeniya. [Climate Prediction resource supply East European Plain in a warming], Moscow, Maks Press, 2008, 290 p. (in Russian).

Kislov A.V., Georgiadi A.G., Alekseeva L.I., Borodin O.O. Fiziko-statisticheskaya model' «daunskaylinga» temperatury i osadkov v regionah s redkoy izmeritel'noy set'yu (na primere basseyna r. Lena) [Physico-statistical model of «downscaling» of temperature and precipitation in regions with sparse measuring network (for example, river Lena basin)], *Meteorologiya i gidrologiya*, 2007, no 8, pp. 29–36 (in Russian).

Kislov A.V., Surkova G.V. Prostranstvenno-detalizirovanniy klimaticheskoy prognoz temperatury vozduha i osadkov v Vostochnoy Sibiri na osnove ucheta lokal'nykh osobennostey podstilaushhey poverhnosti [Spatially-detailed forecast climate temperature and precipitation in Eastern Siberia by taking into account local features of the underlying surface], *Meteorologiya i gidrologiya*, 2009, no 3, pp. 43–52 (in Russian).

Kokorev V.A., Anisimov O.A. Postroyeniye optimizirovannoy ansamblevoy klimaticheskoy proektsii dlya otsenki posledstviy izmeneniy klimata na territorii Rossii [Building an optimized ensemble climate projections to assess the impact of climate change on the territory of Russia], Moscow, Planeta, 2013, 131 p. (in Russian).

Meehl G.A., Covey C., Delworth T. et al. The WCRP CMIP3 multi-model dataset: A new era in climate change research // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2007. Vol. 8. P. 1383–1394.

Menzhulin G., Peterson G., Shamshurina N. Availability of the new climate models to reproduce the historical climate variations: Whether the climate changes scenarios recommended in the 4th IPCC report can be ranked by their accuracy? // *Symposium on Climate Change and Variability – Agrometeorological Monitoring and Coping Strategies for Agriculture*. Norway, Oscarsborg, 2008. June 3–6.

Menzhulin G.V., Shamshurin V.I., Savvateev S.P. K otsenke tochnosti model'nykh scenariyev izmeneniy klimata, rekomendovannykh komissiyey IPCC dlya raschetov scenariyev izmeneniy klimata, rekomendovannykh komissiyey posledstviy global'nogo potepeniya [To estimate the accuracy of model scenarios of climate change, recommended by the Commission for the calculation of IPCC climate change scenarios recommended by the Commission of the effects of global warming], *Sovremenniy problemy ekologicheskoy meteorologii i klimatologii*, SPb., Nauka, 2005, pp. 55–85 (in Russian).

Moriassi D.N., Arnold J.G., VanLiew M.W. et al. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations // *Amer. Soc. Agricul. and Biol. Engineers*. 2007. Vol. 50(3). P. 885–900.

Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models. Part I. A discussion of principles // *J. Hydrology*. 1970. Vol. 10(3). P. 282–290.

Pavlova T.V., Katsov V.M., Meleshko V.P. et al. Vtoroy otsenochniy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii. Glava 3.1. Novoe pokolenie klimaticheskikh modeley [Second Assessment Report of Rosgidromet on climate change in the Russian Federation. Chpt. 3.1. The new generation of climate models.], Moscow, Rosgidromet, 2014, pp. 286–320 (in Russian).

Reichler T., Kim J. How well do coupled models simulate today's climate? // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2008. Vol. 3. P. 303–311.

Toropov P.A. Ocenka kachestva vosproizvedeniya modelyami obshchey cirkulatsii klimata Vostochno-Evropeyskoy ravniny [Assessment of quality of integration of climate models of the general circulation of the East European Plain], *Meteorologiya i gidrologiya*, 2005, no 5, pp. 5–22. (in Russian).

Vilfand R.M., Rozinkina I.A. Mezomashstbnii kratkosrochniy prognoz pogody v Gidrometcentre Rossii na primere COSMO-RU [Mesoscale short-term weather forecast at the Hydrometeorological Center of Russia in the example of COSMO-RU], *Meteorologiya i gidrologiya*. 2010, no 1, pp. 5–17 (in Russian).

Vinogradov A.Y., Nikiforovskiy A.A. Analiz sootvetstviya kriteriev kachestva modelirovaniya protsessov formirovaniya stoka malih rek [The analysis of compliance of quality criteria simulation process flow formation of small rivers], *Vestnik MGOU, seria estestv. nauki*, 2015, no 2, pp. 33–38 (in Russian).

Wilby R.L. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations // *Progr. in Phys. Geogr.* 1997. Vol. 21. P. 4–12.

Zeng L.H. Kriging variance and other error related output // *Minesight in the Foreg*. 2005. Vol. 21(7). P. 1–4.

Received 11.06.2015

Accepted 02.06.2016

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 911.37(470+571)

А.Г. Махрова¹, Т.Г. Нефедова², А.И. Тревиш³

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА ЦЕНТРАЛЬНО-РОССИЙСКОГО МЕГАЛОПОЛИСА И МОБИЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

Рассмотрены особенности российской урбанизации, связанные как с поляризацией социально-экономического пространства при резком доминировании Москвы и ее агломерации, так и с сезонной дачной суб- и контрурбанизацией, которая замещает миграцию населения из мест приложения труда из городов в пригороды. На примере Центрально-Российского мегалополиса, главного ареала концентрации демографического и социально-экономического потенциала страны, проанализированы пространственные градиенты поляризации между Москвой в ее официальных границах, «реальным городом», Московской агломерацией, агломерациями столиц окружающих областей и внеагломерационными территориями. Рассмотрены особенности развития сезонной дачной и трудовой возвратной мобильности населения в пределах мегалополиса с разными мотивами и ритмами. Особое внимание уделено центростремительным миграциям, которые наиболее ярко выражены через маятниковые трудовые миграции и отходничество.

Ключевые слова: урбанизация, поляризация, агломерации, мегалополис, трудовые миграции, дачи.

Введение. Одна из специфических черт России состоит в том, что в ней процессы урбанизации сочетаются с сильной централизацией государственной власти, и это ведет к концентрации финансовых ресурсов, бизнеса, человеческого капитала в крупнейших центрах, прежде всего в Москве, успешно эксплуатирующей ренту столичного статуса и агломерационный эффект [Зубаревич, 2013]. Сверхконцентрация сочетается с редкой сетью больших городов и с сильной поляризацией ее социально-экономического пространства. При этом сами крупные центры и территории их непосредственного влияния нельзя рассматривать как стационарные расселенческие структуры. Для этих особых территориальных образований важным фактором становится возвратная мобильность населения как с трудовыми, так и с социально-рекреационными целями, которая сильно влияет на реальную численность населения, приводя к ее пульсации в разные сезоны года, дни недели и часы суток в Москве, окружающих ее городах и сельской местности.

Разные подходы к выделению территориальных урбанистических образований разного уровня оставляют открытым вопрос, можно ли определить строго, объективно и однозначно их границы или они представляют собой расплывчатые образования, внутри которых происходит изменение градиентов разных показателей. В наибольшей степени отработана методика определения границ агломераций с опорой на изохроны транспортной доступности городов-ядер для трудовых маятниковых мигрантов,

но и она понемногу меняется. В состав агломераций пытаются включать обширные массивы дачно-садовых поселений жителей главного города, а зоны трудовых миграций в связи с увеличением разнообразия их видов и развитием скоростного транспорта в последние годы значительно расширились.

Типичная субурбанизация западного типа с переселением жителей крупных городов в полусельские пригороды, где развиваются места приложения труда, находится в России лишь на начальных стадиях развития. Более явно выражено стремление населения других субъектов РФ если не жить, то работать в Москве или ближе к ней. С одной стороны, при невозможности или нежелании приобрести жилье в месте работы люди сохраняют регистрацию, семью и хозяйство в своем регионе, воспроизводя своеобразное «жилищное крепостничество». С другой стороны, несколько иное «крепостничество» (боязнь потери квартиры в городе) стимулирует распространение модели жизни на два дома – в городе и на даче, усиливающей мобильность населения.

Цель работы состояла в выявлении ареалов наиболее тесного взаимодействия столицы с ее окружением и рассмотрении возможных подходов к изучению возвратных миграций разного типа в центре России.

Материалы и методы исследований. Москва, которая в постсоветский период модернизировала свою экономику, начав развиваться как формирующийся мировой город, занимает особое место и в РФ (табл. 1). Московская область не сильно усту-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра социально-экономической географии России; Институт географии РАН, отдел социально-экономической географии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: almah@mail.ru

² Институт географии РАН, отдел социально-экономической географии, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: trenel2@yandex.ru

³ Институт географии РАН, отдел социально-экономической географии, гл. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: trenel2@yandex.ru

Таблица 1

Доля Москвы и Московской области в России по избранным показателям, %

Показатели	Москва, годы				Московская область, годы			
	1990	2000	2010	2014	1990	2000	2010	2014
Численность населения	6,1	6,9	8,1	8,3	4,5	4,5	5,0	4,9
Численность занятых	6,9	8,8	9,5	10,0	3,9	3,8	4,3	4,5
Валовой региональный продукт	–	21,0	22,3	21,5*	–	3,2	4,8	4,7*
Инвестиции в основной капитал	6,0	13,4	6,9	10,9	3,4	4,4	3,8	4,4
Розничный товарооборот	11,5	29,0	17,5	16,8	3,6	4,1	6,2	5,7
Ввод жилья	3,7	11,0	4,0	4,5	3,9	8,6	13,6	11,8
Обрабатывающая промышленность**	6,7	4,7	10,3	15,3	4,9	2,9	7,1	5,9

Примечания: * Данные за 2013 г.; ** согласно классификаторам отраслей, действовавшим на каждую дату; составлено по данным Росстата [Регионы России..., 1991, 2001, 2011, 2015].

пает Москве, удерживая 2-е место в РФ по числу жителей, занятых в экономике, размерам потребительского рынка и опережая по многим показателям вторую столицу – Санкт-Петербург.

В 2000-х гг. при лидерстве Москвы практически по всем параметрам, кроме ввода жилья, разрыв между Москвой и Московской областью уменьшался, а с регионами, окружающими Московскую область, напротив, увеличивался (табл. 2).

как и всей пригородной зоны столицы, состоит в разгрузке Москвы, перегруженной столичными, экономическими, селитебными функциями;

– агломерации 2-го порядка, включая так называемые окраинные города (edge cities). Вблизи МКАД (Химки, Красногорск, Одинцово и ряд других ближних спутников столицы), как часть «реального города», они быстро наращивают офисно-деловые и торговые функции в расчете на спрос мос-

Таблица 2

Некоторые показатели Московской области*, соседних регионов и РФ в целом на душу населения

Регионы	Доходы населения			ВРП			Оборот розничной торговли			Ввод жилья		
	2001	2010	2014	2001	2010	2014	2001	2010	2014	2001	2010	2014
Москва	4,5	2,0	1,6	5,2	3,0	2,7	5,5	1,7	1,7	1,0	0,14	0,2
Области-соседи 1-го порядка	0,7	0,6	0,6	0,9	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4
РФ в целом	1,2	0,8	0,8	1,4	1,0	1,0	1,1	0,8	0,9	0,5	0,4	0,4

* Уровень Московской области равен единице, составлено по данным Росстата [Регионы России..., 2002, 2011, 2015].

Для выявления градиентов социально-экономического пространства, не зависящих от официальных границ, в центре России выделены реальные урбанистические структуры:

- собственно Москва в границах до 2012 г.;
- «реальный город», т.е. Москва в старых границах и наиболее урбанизированная и застроенная территория Московской области и Новой Москвы, примыкающая к МКАД; административные границы здесь, действительно, условны, разделяя части одной урбанизированной зоны;
- Московская агломерация (МА), которая сложилась в ходе векового спонтанного развития Москвы и окружающих ее территорий. Ее границы определены по изохронам двухчасовой доступности для ежедневных маятниковых миграций с учетом скорости и интенсивности транспортного сообщения. Внутри нее можно насчитать 22 субагломерации 2-го порядка, включающих 75 городов с общей численностью населения 5,4 млн человек; задача этих городов,

квечей и своих жителей. На периферии Московской агломерации (Дубна, Ступино, Обнинск и др.) они развиваются как центры приложения труда и потребления, так как именно здесь в последние годы в ходе процессов реиндустриализации возникли новые предприятия, ориентированные на региональный рынок сбыта, которые, в отличие от гигантов советского времени, представляют собой неземлемые и нетрудоемкие предприятия с высоким уровнем автоматизации [Браде и др., 2013];

– перспективная Московская агломерация с учетом расширения зоны наиболее интенсивных трудовых миграций и дачного освоения;

– внешние агломерации, формируемые центрами регионов, в основном соседних, наиболее тесно связанных с Москвой;

– собственно Центрально-Российский мегалополис (ЦРМ). Его границы из-за отсутствия данных о функциональной связности определены с учетом полевых наблюдений авторов, а также на основании

критерия величины межагломерационного пространства, которая не может превышать средний радиус соседних агломераций [Костинский, 1977] (рис. 1).

селения для жизни или работы влияет множество факторов, включая депрессию промышленных предприятий, повышенную долю незанятого населения,

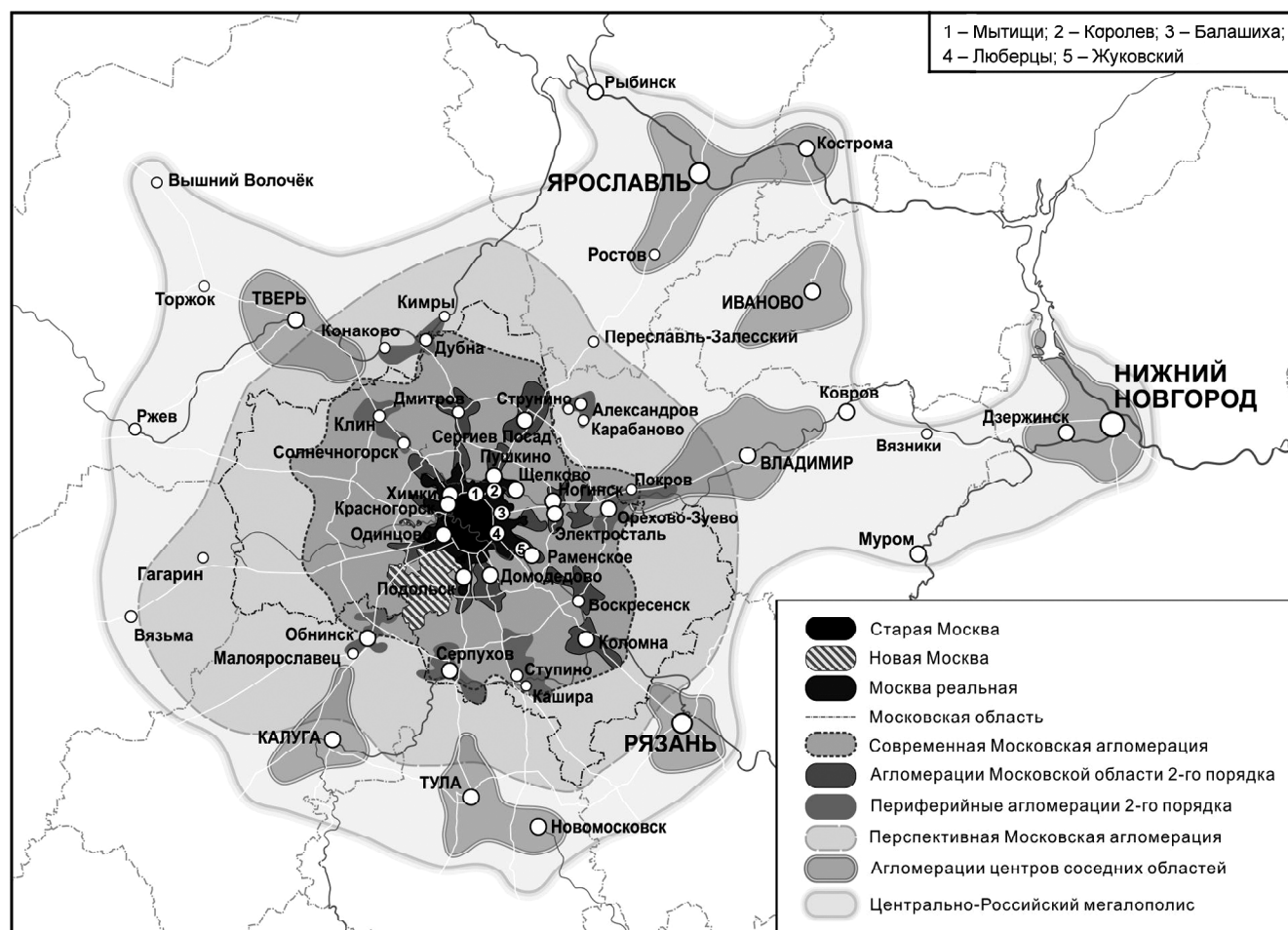


Рис. 1. Основные урбанистические структуры в центре России

Fig. 1. Major urban structures in Central Russia

Как показывают наши расчеты, более 1/2 всего городского населения (53%) областей, входящих в состав мегалополиса, сосредоточено на территории «реального», или «физического», города, т.е. в Москве и в 23 почти слившихся с ней городах. Московская аггломерация концентрирует 64% всего городского населения мегалополиса, правда, за вычетом «реальной Москвы» это составляет только 11%. Зато в аггломерациях соседних областей сосредоточено 22% горожан, главным образом за счет региональных столиц, хотя суммарно они включают только 31 город. В целом в ЦРМ сосредоточено 168 городов и 24 млн человек городского населения, т.е. каждый четвертый горожанин России. Вне мегалополиса в регионах Центрального федерального округа остается 86, как правило, в основном малых и средних городов, их доля в городском населении регионов невелика.

На основе паспортов городов, собираемых Вычислительным центром ФСГС, выполнены расчеты для городов мегалополиса (как часть регулярного мониторинга городов России). На состояние городов, «притяжение» или «выталкивание» ими на-

отсутствие инвестиций, низкий уровень зарплаты, пониженный товарооборот, отсутствие элементарного благоустройства (например, по критерию наличия канализации). Оценки по этим показателям с расчетом средних значений позволили выявить наиболее неблагополучные города, 89% которых составляют малые города с населением менее 50 тыс. жителей. Доля трудоспособного населения, не имеющего хотя бы минимального стабильного дохода, в таких городах колеблется от 30 до 50%. Помимо размера города и его статуса (столицы регионов, окружающих Московскую область), большое значение также имеет положение города на осях «центр–периферия» и «север–юг» внутри регионов [Гулько, 2014]. Для крупнейших центров, столиц регионов и Москвы характерны лучшие возможности трудоустройства, более высокие доходы, дополнительные возможности неформальных заработков, креативная среда и т.п., хотя и среди них есть города, испытывающие серьезные трудности.

Для оценки масштаба и направлений трудовой миграции в пределах мегалополиса использованы официальные данные из федеральных и региональ-

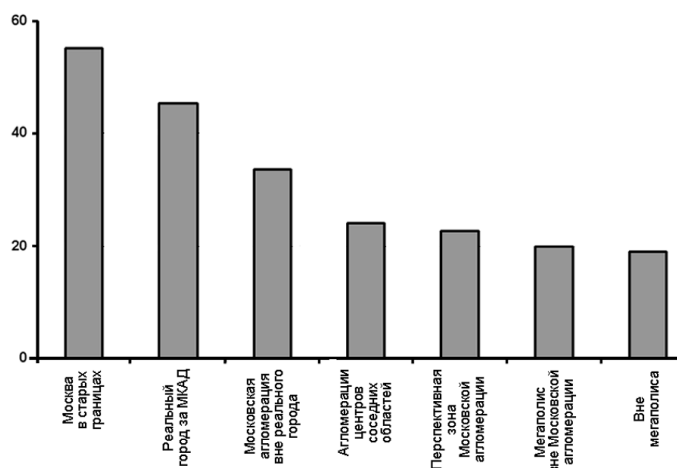


Рис. 2. Зарботная плата в городах центра России, тыс. руб./чел., 2013 г.

Fig. 2. Wages in the towns of Central Russia, 1000 roubles/pers., in 2013

ных статистических сборников, баланса трудовых ресурсов, Пенсионного фонда РФ; привлечены данные обследования населения по проблемам занятости (ОНПЗ), итоги переписи населения 2010 г., результаты социологических опросов. Авторы также опирались на результаты собственного обследования районов Московской и прилегающих к ней областей и на литературные источники [Махрова, Кириллов, 2015; Путешествие..., кн. 2, 2015; Шитова, Шитов, 2013].

Выявить мобильность дачников гораздо сложнее, чем трудовых маятниковых мигрантов. Мониторинг числа дач не ведется, но есть данные о числе семей, владеющих садами и огородами, и о площади, занимаемой этими владениями [Сельское..., 2013]. Более полным источником о разных типах дач и использовании земельных участков (в том числе в региональном разрезе) служит сельскохозяйственная перепись 2006 г. Информация о коттеджных поселках (часть которых используется и для постоянного проживания) представлена в отчетах компаний «IRN», «МИЭЛЬ», «Blackwood» и др., в их данных внимание уделяется строящимся поселкам, а характер использования домов (для постоянного или сезонного проживания) остается неизвестен.

Результаты исследования и их обсуждение.
Поляризация пространства мегалопольса. В 2013 г. мегалопольс сосредотачивал 93% всех занятых в центре России⁴, при этом большая их часть (54%) концентрируется в «реальном городе», доля которого составляла 72% в розничном торговом обороте и 66% в инвестициях. Это указывает не только на более высокий уровень жизни населения в Москве и на прилегающих застроенных территориях, но и служит стимулом мощных миграционных

потоков в пределах региона. Доля занятых в экономике падает по мере удаления от центра мегалопольса. Заметно уменьшается с удалением от столицы и зарплата даже в тех же сферах занятости, что и в Москве (рис. 2). Торговый оборот на душу населения также максимален в Москве и ближайших пригородах, некоторые из которых стали торговыми районами столицы вдоль «главной торговой улицы» – МКАД. При резком снижении за пределами реального города интенсивности торговли она повышается лишь в пристоличных агломерациях соседних областей (рис. 3).

Притягательность центральных районов видна и в сальдо миграций на постоянное место жительства, положительное значение которого наблюдается лишь в пределах Московской агломерации и в агломерациях столиц соседних регионов, а максимальный приток характерен именно для ближайших к Москве районов (рис. 4). В целом около 80% всего миграционного прироста мегалопольса в 2010 г. поглотили Москва и урбанизированная зона вокруг нее. Здесь же наблюдаются и наивысшие показатели ввода жилья на душу населения (рис. 5). Все это свидетельствует не только о процессах субурбанизации, но и о расползании столицы по типу масляного пятна [Браде и др., 2013].

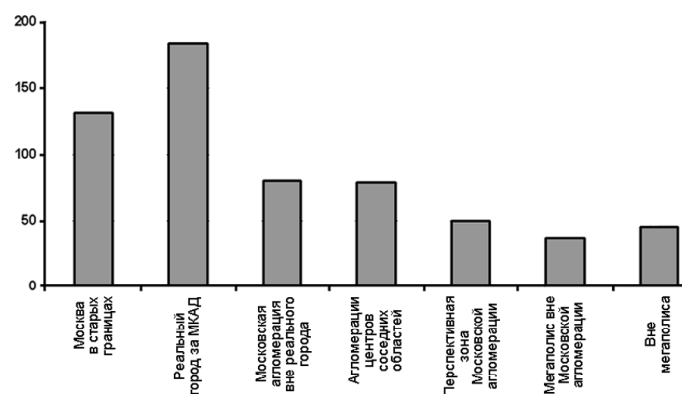


Рис. 3. Оборот розничной торговли и платных услуг в городах центра России, тыс. руб./чел., 2013 г.

Fig. 3. Retail and commercial services turnover in the towns of Central Russia, 1000 roubles/pers., in 2013

Хотя доля индивидуальных домов к концу XX в. достигала 60% вводимой в Подмоскowie площади жилья, в 2000-е гг. она начала снижаться из-за активизации многоэтажной застройки. Строительство 16–19-этажных домов в городах ближнего, а затем и среднего Подмоскowie, сделало их практически спальными районами столицы, которые по обустроенности, а часто и по доступности из центра Москвы не отличаются от ее окраинных районов.

Подмоскowie рынок квартирного жилья по-прежнему ориентирован на внешний спрос. По дан-

⁴ Рассматривались, помимо Москвы и Московской области, все примыкающие к последней регионы, а также Нижегородская область из-за тесных связей и повышенной плотности заселения в коридоре Москва – Нижний Новгород, а также Костромская область из-за фактического стыка Ярославской и Костромской агломераций (рис. 1).

ным Росреестра, в середине 2010-х гг. покупатели из Москвы, так же, как и из других регионов, составляли примерно по 25%, почти все остальное жилье приобреталось жителями области (на долю жителей зарубежья приходилось всего 3%). Нацеленные на приобретение жилья в столице выходцы из других регионов и стран обычно из-за высоких на жилье цен довольствуются Подмосковьем. При этом среди москвичей постепенно растет доля покупателей квартир для постоянного проживания в области, в том числе и из-за более низких цен (в середине 2000-х гг. они составляли только 15% всех покупателей). Одновременно сокращается доля инвестиционных квартир, когда приобретение жилья связано не с переездом в пригороды на постоянное жительство, а с помещением личного капитала в подмосковное жилье.

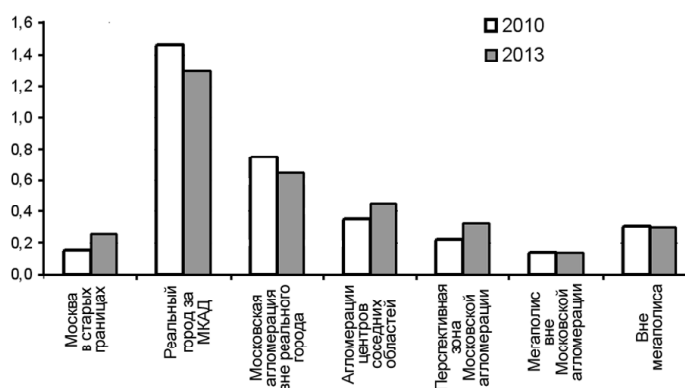


Рис. 5. Ввод жилья в городах центра России, м²/чел. в 2010 и 2013 гг.

Fig. 5. New housing supply in the towns of Central Russia, m²/pers., in 2010 and 2013

Трудовые миграции. В настоящее время практикуются два основных вида трудовых миграций, наиболее массовых именно в ЦРМ: маятниковые ежедневные поездки на работу в основном в пределах агломерационных зон, что было распространено и в советское время, и отходничество с недельным и месячным ритмами. Возрождение отходничества и его отличие от дореволюционного варианта во многом связаны с внедрением рыночных отношений именно в жилищной сфере – вместо земли, которая закрепляла крестьян, эту функцию стало выполнять жилье. Незрелость цивилизованного рынка арендного жилья и сильные перепады цен на жилье в крупных и малых городах привели к «прикреплению» населения к месту регистрации, хотя опросы показали, что около 1/2 отходников и не хотели бы переезжать в крупные города [Плюснин и др., 2013; Денисенко и др., 2009]. При этом существуют и переходные формы, например, работа в течение суток с тремя выходными, отход на рабочие дни недели с выходными дома и т.п. Обычно полутход-полумаятник характерен для окраин агломераций и областей, примыкающих к Московской области [Нефедова, 2015]. Такое своеобразное «отходни-

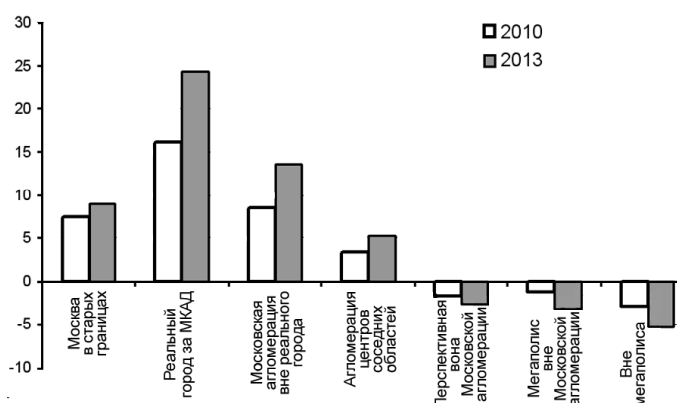


Рис. 4. Сальдо миграций городского населения в центре России (%), 2010 и 2013 гг.

Fig. 4. Balance of urban population migration in Central Russia %, in 2010 and 2013

чество» усилило интеграцию Москвы и Московской области с соседними областями в рамках зоны наагломерационного уровня, т.е. всего ЦРМ.

Возрос также поток трудовых маятниковых мигрантов из Москвы в ближние пригороды из-за субурбанизации офисно-деловых и торгово-развлекательных функций [Браде и др., 2013]. Новые рабочие места возникали и дальше от Москвы, в очагах роста отраслей, ориентированных на региональный рынок (Ступино, Клин и др.). Развился эффект «замещающей занятости», который наиболее характерен для агломераций 2-го порядка: многие жители Подмосковья работают в Москве, а их замещают мигранты из других городов и областей. Так, по данным обследования населения по проблемам занятости (ОНПЗ), в Москву в 2013 г. приехали на работу более 1,1 млн человек, что составляет 18% от общего числа занятых в столице. Половина их (470 тыс.) – жители Московской области, при этом сама область привлекла 183 тыс. трудовых мигрантов, что, однако, не компенсирует ее потери в столице [Труд и занятость, 2013; Нефедова, 2015].



Рис. 6. Тульская область – структура работающих вне места их проживания по удаленности от Москвы: 1–5 – зоны удаленности от Москвы

Fig. 6. The Tula Oblast – structure of people working off their places of residence (distance from Moscow): 1–5 – zones of distance from Moscow

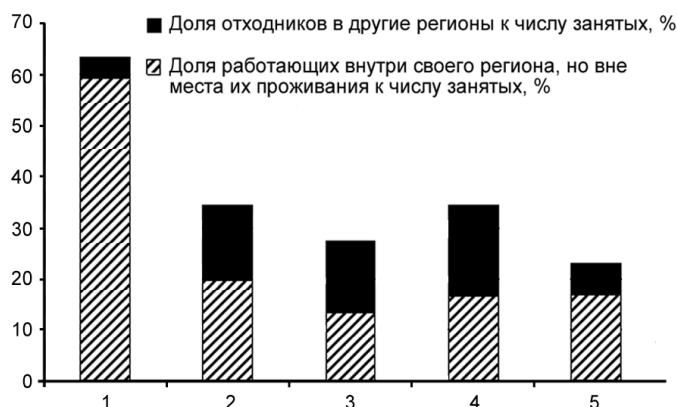


Рис. 7. Тульская область – структура работающих вне места их проживания по удаленности от Тулы: 1–5 – зоны удаленности от Тулы

Fig. 7. The Tula Oblast – structure of people working off their places of residence (distance from Tula): 1–5 – zones of distance from Tula

Данные таких обследований часто занижены, а более реальное представление о масштабах передвижения населения дают ведомственная статистика и социологические опросы. По данным Пенсионного фонда РФ о месте жительства и месте работы работников на середину 2000-х гг., поток на работу из Московской области в Москву достигал 1,2 млн человек, а из столицы в область – около 300 тыс. коммьютеров. Это совпадает с данными обследования Центра экономики инфраструктуры, согласно которому численность маятниковых мигрантов из Московской области в Москву оценивалась в 1,2 млн человек, а встречный поток – в 300 тыс. человек. Есть и более высокие оценки с применением метода трудового баланса и данных натурных обследований транспортных потоков, которые показали, что суммарная величина центростремительного и центробежного потоков трудовых маятниковых мигрантов составила 2,3 млн коммьютеров, т.е. поток из Москвы – 700 тыс. человек [Махрова, Кириллов, 2015].

Отделить ежедневных маятниковых мигрантов от отходников, по данным транспортной статистики, невозможно – зона сбора трудовых мигрантов Москвой и Московской областью распространяется не только на весь мегалополис, но и далеко за его пределы. По данным ОНПЗ, в 2013 г. примыкающие к столичному региону области давали лишь 32% всех отходников, работающих в Москве и Московской области. Все остальные регионы Нечерноземья, человеческий потенциал в которых сильно истощен, – всего 12%, зато еще 31% приезжали из Поволжья, особенно из его республик (14%), и 23% с юга России [Нефедова, 2015; Труд и занятость, 2013].

Если рассматривать весь мегалополис, то степень и направления связи его частей иллюстрируют два примера. Из Тульской области, даже по заниженным данным ОНПЗ, уезжают на работу до 80 тыс. человек, причем почти все в Москву и Московскую область (около 80%). Микроданные пере-

писи 2010 г. показали, что в ближайших к Московской области районах каждый третий работник трудится в столичном регионе, откуда за работниками присылают специальные корпоративные автобусы. Потенциала самой Тулы хватает лишь на ближайший пригородный район, а остальных работников в значительной мере перехватывает Москва [Нефедова, 2015] (рис. 6,7).

В Тверской области масштаб отходничества, по данным ОНПЗ, составляет немногим более 50 тыс. человек, половина из которых ориентирована на Москву и более 1/4 на Московскую область [Нефедова, 2015]. Это подтверждается и анализом движения пригородных электричек, выявившим заметную ступенчатость в частоте их отправления, приуроченного к пиковому времени поездок на работу и обратно. Наиболее часто идут электрички до Крюково, следующие ступени – Подсолнечная (64 км от Москвы), Клин (89 км) и Решетниково (105 км, поворот на Конаково), такие расстояния характерны больше для маятниковых трудовых миграций. Тем не менее вплоть до Бологого (356 км) курсирует до 16 электропоездов в будние дни (время в пути от 2 до 3,5 часов) с концентрацией рейсов утром в Москву, а вечером – из Москвы; 7 рейсов в день курсирует до Лихославля (230 км) [Путешествие..., 2015, кн. 1]. Ориентация населения области на работу в столичной агломерации с более высокой зарплатой и сменным режимом, что дает больше свободного времени, привела к тому, что в окружающих областях не заполнены даже вакансии [Путешествие..., 2015, кн. 2, с. 203–209].

Дачи москвичей. Модель «второго жилья» горожан в условиях России олицетворяет ставшую традиционной возможность совмещения преимуществ городского и сельского образа жизни, к этому в последние годы добавилась инвестиционная составляющая. Дачи в России начинались именно с крупнейших городов – Санкт-Петербурга и Москвы. Разойдясь по всей стране в советское время, они не потеряли актуальности для столицы. Так, по оценке Г.А. Гольца, поток отдыхающих из Москвы в область в летний выходной день в 1980-х гг. превышал 2 млн человек, а в зимний период – 1 млн человек [Московский..., 1988, с. 254]. В настоящее время с наличием второго жилья и сезонными миграциями населения на территории Московской области связано почти 3 млн владений москвичей, что приводит к увеличению числа жителей, проживающих в Подмоскovie в летний сезон, примерно на 60% [Махрова, Кириллов, 2015].

Типов дач много: это и старые дачи начала–середины XX в., и садово-огородные объединения (пик их создания пришелся на 1980-е и первую половину 1990-х гг., 28 и 51% соответственно), и дома, купленные или унаследованные горожанами в деревнях, и новые коттеджи, вкрапленные в ареалы садово-дачной застройки или организованные в отдельные поселки [Путешествие..., 2015, кн. 2]. Для разных типов дач характерны свои особенности размеще-

ния. Старые дачи в большей степени тяготеют к зоне ближних и средних пригородов столицы (85% всех дач Московской области), их больше всего на западе (почти 40%). Садово-огородные массивы с более дешевым жильем сосредоточены в среднем и дальнем Подмосковье и в соседних областях на расстоянии до 200–250 км от Москвы. Даже в Подмосковье, несмотря на активное увеличение числа коттеджных городков, которых (вместе со строящимися поселками) насчитывается 1,5 тыс., самым распространенным элементом системы сезонного расселения остаются традиционные дачные и садово-огородные поселки [Махрова, Кириллов, 2015].

Сезонная миграция населения на дачи по-прежнему определяет специфику субурбанизации в мегалополисе. Однако использование дачных участков зависит от степени удаленности от столицы. Так, если для классических старых дач москвичей характерно доминирование рекреационной функции и преобладание газонов и цветов, то в садоводческих и тем более в огородных товариществах Подмосковья от 1/3 до 1/2 участка 10 лет назад занимали посадки овощей и фруктов, хотя в последние годы их доля снижалась. Еще больше доля продовольственной составляющей в соседних областях (табл. 3), в которых также обращает на себя внимание повышенная доля заброшенных земель, что связано с отказом части жителей других городов мегалополиса от садовых участков, в том числе и из-за отходничества.

Значительную часть этих участков скупают москвичи или жители подмосковных городов, что укрепляет рекреационные связи внутри мегалополиса. Например, в Конаковском районе Тверской области насчитывается более 130 садоводческих товариществ, в каждом из которых несколько сотен участков. Из них почти 1/2 перекуплена москвичами у жителей Конакова. Кроме того, в особо привлекательных местах, например по берегам Волги или рядом с Завидовским заповедником, концентрируются коттеджи богатых москвичей. На стыке Московской и Тверской агломераций растет новый город Большое Завидово, ориентированный на тесные связи с Москвой по новой скоростной трассе М-11, в нем сочетаются разные виды постоянного и сезонного коттеджного жилья [Путешествие..., 2015, кн. 2].

Особый вид дач не только в мегалополисе, но и за его пределами представляют дома, купленные москвичами в деревнях, так называемые дальние дачи [Путешествие..., 2015, кн. 2]. Они более рассеяны и тяготеют к небольшим депопулировавшим деревням, хотя на окраинах мегалополиса есть места, где их особенно много, например, на Селигере и Валдае. В от-

личие от ближних дач в Подмосковье и средне-удаленных дач в районах соседних областей, прилегающих к Московской агломерации, дальние дачи используются в более длительном режиме с редкими поездками. Тем не менее горожане и там существенно влияют на сельскую местность на фоне сильного истощения местного населения.

В целом, по разным опросам, около 1/3 московских домохозяйств владеют дачным жильем [Махрова, Кириллов, 2015], при этом в 1990–2000-х гг. шла активная реновация старых дач и строительство новых домов. Увеличились и размеры дачных владений: по сравнению со стандартными 6-тью сотками советского времени средняя площадь участка в садовых товариществах возросла до 11-ти соток, а средняя площадь дома – до 86 м². В Московской области почти 20% всего загородного жилья – зимние дачи, пригодные для постоянного проживания [Махрова, Кириллов, 2015], что учащает поездки на дачи, а следовательно, и общую мобильность населения в мегалополисе.

Однако общая сезонность перемещений выражена очень ярко. Опросы в Московской области показали, что почти 30% респондентов летом приезжают в свои загородные дома несколько раз в неделю. В межсезонье частота использования дач уменьшается – в каждые выходные приезжает 1/4 всех дачников, а на постоянной основе дачами пользуется около 15% всех респондентов. Зимой доля дачников выходного дня и москвичей, живущих на дачах постоянно, составляет по 10%. В общей сложности на территории области даже в зимний сезон находится как минимум 600 тыс. москвичей, что на 1/2 компенсирует ежедневный отток маятниковых мигрантов из области в столицу [Махрова, Кириллов, 2015].

Таблица 3

Структура использования земель в садово-дачных объединениях в Московской, Владимирской и Тверской областях*

Тип объединения	Структура использования общей площади земельных участков, %			
	постройки	газоны и цветы	картофель, овощи и многолетники	не используется
Московская область				
Дачи	19,0	66,0	14,2	0,9
Сады	16,3	49,8	34,7	0,5
Огороды	10,0	38,1	51,5	0,5
Владимирская область				
Сады	11,5	23,3	55,3	10,0
Огороды	1,7	3,5	59,3	35,5
Тверская область				
Сады	9,5	21,3	49,9	19,3
Огороды	2,6	2,1	71,1	24,4

* Составлено по данным сельскохозяйственной переписи [Итоги.... 2008].

Выводы:

– сохраняющийся отрыв Москвы от страны по уровню доходов и потребления, качеству учебы, карьеры и социальной защиты, престижу и выгоде от близости верховной власти приводил к оседанию населения в Москве и Московской области, «запирая» не столько въездные, сколько выездные двери города и агломерации. По многим параметрам Московская область в последние годы приблизилась к Москве, отдаляясь от окружающих территорий. Это обостряет проблемы развития городов и сельской местности за пределами агломераций и ведет к демографическому опустошению значительных староосвоенных территорий центра России;

– крутизна градиентов многих социально-экономических показателей на сравнительно незначительных расстояниях усиливала трудовые, рекреационные и прочие связи, что позволяет говорить о Центрально-Российском мегалополисе, как о едином образовании;

– несмотря на то что Московская агломерация собирает трудовых мигрантов со всей страны, наибольшие потоки характерны для территории мегалополиса, в том числе благодаря развитой в его пределах транспортной системе. Это позволяет сочетать самые разные виды трудовой мобильности – от ежедневных маятниковых миграций в Московской агломерации через переходные формы на ее окраинах и в ближайших районах соседних областей до отходничества с двух-

недельным и месячным ритмом на окраинах мегалополиса;

– при развитии реальной субурбанизации западного типа в коттеджных поселках ближней зоны Московской агломерации наиболее массовым явлением в пределах мегалополиса стали дачи москвичей и жителей других городов. Дачи, как российский феномен второго жилья горожан, – признак не столько эволюции расселения, сколько его пространственной пульсации, функционирования в сезонном, недельном и других ритмах. При этом чем дальше второе жилье от Москвы, тем реже частота его посещений москвичами и тем в большей степени московские дачники разбавлены местными горожанами. Поскольку длительность проживания на дачах для определенных групп людей достигает нескольких месяцев, это делает города фактически переменного масштаба явлением по численности населения;

– наибольшая интегрированность характерна для Москвы, как ядра Московской агломерации, и ближнего пояса подмосковных муниципалитетов. Сезонные колебания населения здесь не превышают 60% (2,4 млн человек в выходные дни летом против 1,6 млн в рабочие дни зимой), хотя в целом по области различия в реальной численности летом выше зимнего уровня в 1,9 раза [Махрова, Кириллов, 2015]. При этом дневное население Москвы колеблется от 14 млн в зимний рабочий день до 9 млн в летний выходной [Браде и др., 2013].

Благодарности. Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-18-00083 «География возвратной мобильности населения в сельско-городском континууме» Института географии РАН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Браде И., Махрова А.Г., Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Особенности субурбанизации в Московской агломерации в постсоветский период // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 2. С. 19–29.

Гулько М.С. Малые города центральной полосы Европейской России: социально-экономическое состояние и роль в организации пространства // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 42–52.

Денисенко М.Б., Карачурина Л.Б., Мкртчян Н.В. Миграционный потенциал лиц, ищущих работу, и безработных (по результатам социологического обследования) // Демоскоп Weekly. 2009. № 397–398. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2009/0397/analit03.php> (дата обращения: 12.11.2015).

Зубаревич Н.В. Рента столичного статуса // Pro et Contra. Москва как физическое и социальное пространство. 2012. № 6(57), ноябрь – декабрь. С. 6–19.

Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года: в 9 т. Т. 1. Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Кн. 1. Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года по Российской Федерации. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008.

Костинский Г.Д. Основные черты и тенденции формирования мегалополисов в развитых капиталистических странах // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1977. № 6. С. 69–80.

Махрова А.Г., Кириллов П.Л. Сезонная пульсация расселения в Московской агломерации под влиянием дачной и трудо-

вой маятниковой миграции: подходы к изучению и оценка // Регион. исследования. 2015. № 1(47). С. 117–125.

Московский столичный регион: территориальная структура и природная среда. Опыт географического исследования. М.: Наука, 1988.

Нефедова Т.Г. Отходничество в системе миграций в современной России // Демоскоп Weekly. 2015. № 641–644. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2015/0641/> (дата обращения: 28.05.2015).

Плюснин Ю.М., Заусаева Я.Д., Жидкевич Н.Н., Позаненко А.А. Отходники. М.: Новый хронограф, 2013.

Путешествие из Петербурга в Москву: 222 года спустя. Кн. 1, 2. М.: URSS, 2015.

Регионы России. Социально-экономические показатели. М.: Федер. служба государственной статистики, 1991, 2001, 2002, 2011, 2015.

Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России: Стат. сборник. М.: Федеральная служба гос. статистики, 2013.

Труд и занятость: Статистический справочник. М.: Федеральная служба гос. статистики, 2013.

Шитова Ю., Шитов М. Маятниковая трудовая миграция в Московском регионе. Демоскоп Weekly. 2013. № 569–570. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2013/0569/tema01.php> (дата обращения: 15.01.2015).

Поступила в редакцию 01.06.2016
Принята к публикации 02.06.2016

A.G. Makhrova¹, T.G. Nefedova², A.I. Treivish³THE CENTRAL RUSSIAN MEGALOPOLIS:
POLARIZATION OF SPACE AND POPULATION MOBILITY

Specific features of Russian urbanization are discussed in connection with both the polarization of social and economic space under sharp domination of Moscow and its agglomeration and the seasonal country sub – and counter-urbanization which replace the migration of population and work places from the cities to the suburbs. The example of the Central Russian megalopolis as a principal area of the concentration of demographic and social and economic capacity of the country makes it possible to analyze the spatial gradients of polarization between Moscow in its official borders, the «real city», the Moscow agglomeration, agglomerations of the capitals of surrounding areas and off-agglomeration territories. Specific features of seasonal country and labor recurrent mobility of the population within the megalopolis with different motives and rhythms are considered. Special attention is paid to centripetal migrations which are the most brightly expressed through labor commuting and seasonal work.

Key words: urbanization, polarization, agglomerations, megalopolis, labor migrations, country houses.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Scientific Foundation (project N 14-18-00083 for the Institute of Geography, RAS).

REFERENCES

- Brade I., Makhrova A.G., Nefedova T.G., Treivish A.I. Osobennosti suburbanizatsii v Moskovskoi aglomeratsii v postsovet'skii period [Features of suburbanization in the Moscow metropolitan area in the post-Soviet period], *Izv. RAN, Ser. geogr.*, 2013, no 2, pp. 19–29 (in Russian).
- Denisenko M.B., Karachurina L.B., Mkrtchyan N.V. Migratsionnyi potentsial lic, ishushih rabotu, i bezrabotnykh (po rezul'tatam sotsiologicheskogo obsledovaniya) [Migration potential of the population job seekers and the unemployed (according to the results of a sociological survey)], *Demoskop Weekly*, 2009, no 397–398. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2009/0397/analit03.php> (Accessed: 12.11.2015) (in Russian).
- Gun'ko M.S. Malye goroda central'noi polosy Evropeiskoi Rossii: sotsial'no-ekonomicheskoe sostoyanie i rol' v organizatsii prostranstva [The small towns of central part of the European Russia: socio-economic status and role in the organization of space], *Izv. RAN, Ser. geogr.*, 2014, no 2, pp. 42–52 (in Russian).
- Itogi Vserossiiskoj sel'skhozjajstvennoj perepisi 2006 goda (v 9 t.) [The results of the All-Russian agricultural census 2006 (9 volumes)]. Vol 1. Osnovnye itogi Vserossiiskoj sel'skhozjajstvennoj perepisi 2006 goda. Kn. 1. Osnovnye itogi Vserossiiskoj sel'skhozjajstvennoj perepisi 2006 goda po Rossiiskoj Federatsii, Moscow, Statistika Rossii, 2008 (in Russian).
- Kostinskii G.D. Osnovnye cherty i tendentsii formirovaniya megalopolisov v razvitykh kapitalisticheskikh stranah [The main features and tendencies of formation of megalopolises in the developed capitalist countries], *Izv. AN SSSR, ser. geogr.*, 1977, no 6, pp. 69–80 (in Russian).
- Makhrova A.G., Kirillov P.L. Sezonnaja pul'satsiya rasseleniya v Moskovskoj aglomeratsii pod vliyaniem dachnoj i trudovoj majatnikovoj migratsii: podhody k izucheniju i ocenka [Seasonal fluctuation in population distribution within Moscow metropolitan area under travelling to second homes and labour commuting: approaches and assessments], *Regionalnye issledovaniya*, 2015, no 1(47), pp. 117–125 (in Russian).
- Moskovskii stolichnyi region: territorial'naya struktura i prirodnyaya sreda. Opyt geograficheskogo issledovaniya [Moscow Capital Region: territorial structure and the natural environment. Experience geographical research], Moscow, Nauka, 1988 (in Russian).
- Nefedova T.G. Othodnichestvo v sisteme migratsii v sovremennoi Rossii [Seasonal work in the migration system in modern Russia], *Demoskop Weekly*, 2015, no 641–644. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2015/0641/> (Accessed: 28.05.2015) (in Russian).
- Plyusnin Yu.M., Zausaeva Ya.D., Zhidkevich N.N., Pozanenko A.A. Otkhodniki [Seasonal workers], Moscow, Novyi khronograf, 2013 (in Russian).
- Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators], Moscow, Feder. sluzhba gosud. statistiki, 1991, 2001, 2002, 2011, 2015 (in Russian).
- Puteshestvie iz Peterburga v Moskvu: 222 goda spustya Kn. 1, Kn. 2, [Travelling from St. Petersburg to Moscow: 222 years later], Moscow, URSS, 2015 (in Russian).
- Sel'skoe hozyaistvo, ohota i ohotnich'e hozyaistvo, lesovodstvo v Rossii. Statisticheskii sbornik [Agriculture, hunting and hunting economy, forestry in Russia. Statistical Yearbook], Moscow, Federal'naya sluzhba gos. statistiki, 2013 (in Russian).
- Shitova Yu., Shitov M. Mayatnikovaya trudovaya migratsiya v Moskovskom regione [Labor commuting in the Moscow region], *Demoskop Weekly*, 2013, no 569–570. URL: <http://demoscope.ru/weekly/2013/0569/tema01.php> (Accessed: 15.01.2015) (in Russian).
- Trud i zanyatost'. Statisticheskii spravochnik [Labor and Employment. Statistical handbook], Moscow, Federal'naya sluzhba gos. statistiki, 2013 (in Russian).
- Zubarevich N.V. Renta stolichnogo statusa [Renta capital status], *Pro et Contra, Moskva kak fizicheskoe i sotsial'noe prostranstvo*, 2012, no 6(57), noyabr'–dekabr', pp. 6–19 (in Russian).

Received 01.06.2016

Accepted 02.06.2016

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Social and Economic Geography of Russia; Institute of Geography, RAS, Department of Socio-Economic Geography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: almah@mail.ru

² Institute of Geography, RAS, Department of Socio-Economic Geography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: trene12@yandex.ru

³ Institute of Geography, RAS, Department of Socio-Economic Geography, Chief Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: trene12@yandex.ru

УДК 551.466.2

Ф.Н. Гиппиус¹, В.С. Архипкин², А.В. Фролов³

СЕЗОННЫЙ ХОД ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ КАСПИЯ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВОЛНЕНИЯ И ГЛУБИНЫ МОРЯ

На основе эмпирического соотношения, описывающего изменения испарения с поверхности водоема под влиянием его глубины и высоты волн, выполнена оценка интенсификации среднемесячной величины испарения с поверхности Каспийского моря. Данные, положенные в основу исследований, включали в себя цифровую модель рельефа дна Каспийского моря с пространственным разрешением 5 км, сведения о высоте значительных волн и величине скрытой теплоты испарения. Высота значительных волн рассчитана с помощью численной модели SWAN на основе полей ветра, полученных из метеорологического реанализа NCEP/NCAR. Этот же реанализ использован в качестве источника данных о величине испарения.

Рассмотрены осредненные величины для февраля, мая, августа и ноября. Влияние мелководий и волнения наиболее явно выражено в мелководном Северном Каспии. Прирост испарения посредством учета глубины моря и волнения здесь колеблется от 10–15 Вт/м² в мае до 20–40 Вт/м² в августе. Другие области, где отмечен этот эффект, – прибрежная акватория в юго-восточной части моря и район Апшеронского полуострова; в последнем интенсификация испарения выявлена в ноябре и феврале, т.е. в периоды наибольшей штормовой активности.

Ключевые слова: Каспийское море, испарение, ветровое волнение, сезонный ход, реанализ NCEP/NCAR, модель SWAN.

Введение. Процесс испарения влаги с поверхности водных объектов – один из ключевых механизмов их взаимодействия с атмосферой. Он заметно влияет на водный баланс озер, морей и океанов. Другое очевидное проявление взаимодействия гидросферы и атмосферы – ветровое волнение, образующееся на поверхности водных объектов. Естественно, встает вопрос о том, каким образом эти процессы влияют друг на друга и насколько существенно такое воздействие.

Испарение – основная расходная часть водного баланса Каспийского моря [Панин и др., 2005]. В ряде работ, например, в [Benilov et al., 1974; Китайгородский и др., 1973; Голицын, Грачев, 1980; Грачев, Панин, 1984; Панин, Кривицкий, 1992], показано, что температура, влажность, скорость ветра и поток количества движения зависят от ветровых волн на поверхности акватории.

В работе [Панин и др., 2006] на основе экспериментальных измерений, выполненных в ходе трех экспедиций в Северном Каспии в 1990–1992 гг., показано, что количество испаряющейся с поверхности водоема влаги зависит, в том числе, и от глубины дна и высоты волн в рассматриваемом регионе. Значимость последних факторов объясняется тем, что на мелководьях под влиянием донного трения волны становятся более крутыми и обрушиваются раньше, чем на глубоководных акваториях, соответственно, повышается шероховатость водной поверхности и происходит интенсификация турбулентного обмена влагой,

теплом и импульсом. Так, при скорости ветра 10 м/с интенсификация испарения у побережья Северного Каспия достигает 15%, а при скорости ветра 20 м/с – 30%.

Испарение можно измерить прямым методом, основанным на непосредственном измерении турбулентных флуктуаций влажности воздуха и вертикальной компоненты скорости ветра с последующим вычислением мгновенных значений вертикальных потоков [Панин и др., 2005]. В то же время у таких инструментальных измерений *in situ* есть существенный недостаток – в подавляющем большинстве случаев они обладают узким пространственно-временным охватом, поскольку выполняются в ходе непродолжительных и локальных исследований. Такие данные не позволяют судить о процессах в больших пространственных и временных масштабах. В случае Каспийского моря при таком подходе невозможно уточнить вклад испарения в колебания уровня моря [Голицын, Панин, 1989]. При исследовании испарения эту проблему можно решить применением параметризации турбулентных потоков [Панин, 1987]. При изучении ветрового волнения этот пробел позволяют заполнить, с одной стороны, метеорологические реанализы, а с другой – применение численных моделей гидродинамических процессов.

Цель работы – оценка сезонной изменчивости испарения со всей акватории Каспийского моря с учетом влияния ветрового волнения и рельефа дна на основе ретроспективного массива данных о вол-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, науч. с.; e-mail: fedor.gippius@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: victor.arkhipkin@gmail.com

³ Институт водных проблем РАН, лаборатория глобальной гидрологии, ст. науч. с., докт. тех. н.; e-mail: anatolyfrolov@yandex.ru

нении. Отметим, что ранее такие исследования не проводились; оценки интенсификации испарения, приведенные, например, в [Панин и др., 2005; Панин и др., 2006], основаны на фиксированных величинах скорости и направления ветра.

Материалы и методы исследований. Расчет параметров ветрового волнения выполнен с применением численной спектральной волновой модели третьего поколения SWAN [Booij et al., 1999; Ris et al., 1999; SWAN, 2004]. Эта модель создана в первую очередь для расчета параметров ветрового волнения в прибрежных акваториях [Gorrell et al., 2011; Zijlema et al., 2010], в то же время она пригодна и для исследований в масштабах морей и океанов [Rusu et al., 2008; van Ledden et al., 2009]. Есть сведения о применении этой модели для оценки энергетического потенциала ветрового волнения на Каспийском море [Rusu, Onea, 2013].

Численная модель SWAN была настроена следующим образом. Экспоненциальный рост волн задавался в соответствии с [Komen et al., 1984], донное трение – согласно работе [Hasselmann et al., 1973]. Разрешение по направлению распространения волн и волновой энергии составляло 1° ; в частотном пространстве были заданы 27 логарифмически распределенных значений, расположенных в диапазоне от 0,7 до 1 Гц. Временной шаг расчетов составил 30 мин. Для каждого из этих сроков вычисляли величины значимой высоты волны, периода и длины волн, их средней длины и направления, а также величины переноса волновой энергии в зональном и меридиональном направлениях. В свою очередь каждые 3 часа эти данные записывали в файл с результатами вычислений, которые и использованы для дальнейшего анализа. Вычисления выполнены с использованием ресурсов суперкомпьютерного комплекса МГУ имени М.В. Ломоносова «Ломоносов» [Архипкин и др., 2014]. Расчет параметров ветрового волнения выполнялся на прямоугольной расчетной сетке с пространственным разрешением 5 км [Arkhipkin et al., 2012].

В качестве входных параметров для расчета применялись поля скорости и направления ветра, полученные из метеорологического реанализа NCEP/NCAR [Kalnay et al., 1996; Kistler et al., 2001]. Из этого же источника получены сведения о скрытой теплоте испарения. Реанализ NCEP/NCAR содержит значения метеорологических параметров, равномерно распределенные в пространстве с разрешением $1,875^\circ$ в меридиональном и $1,9046^\circ$ в широтном направлениях. Временное разрешение реанализа NCEP/NCAR составляет 6 ч. Мы рассматривали период с 1949 по 2010 г. Значения скорости и направления ветра, а также скрытой теплоты испарения интерполировали из узлов реанализа в узлы расчетной сетки.

Интенсификацию испарения за счет мелководий и волн рассчитывали для каждого узла сетки по зависимости, определенной в [Панин и др., 2006]:

$$E^{SW} = E + Ek \frac{SW}{H} \frac{h}{H} \approx E(1 + 2h/H),$$

где E^{SW} – среднемесячное испарение с учетом интенсификации, E – среднемесячное испарение без учета интенсификации по данным реанализа NCEP/NCAR, h – среднемесячная высота значительных волн по результатам расчета модели SWAN, H – глубина водоема в узле сетки, $k_E^{SW} \approx 2$ – эмпирический коэффициент.

Результаты исследований и их обсуждение. Для оценки интенсификации испарения с поверхности Каспийского моря рассмотрим поля следующих величин:

- скрытая теплота испарения без коррекции, полученная из реанализа NCEP/NCAR;
- скрытая теплота испарения с коррекцией, рассчитанная по [Панин и др., 2006];
- разность этих двух значений.

Чтобы отследить их сезонный ход, рассмотрены четыре месяца, которые соответствуют временам года, – февраль, май, август и ноябрь.

В феврале часть акватории Каспийского моря покрыта льдом, который блокирует испарение. Сведения о распространении льда приводятся по [Антонюк, 2013]. На свободной от льда поверхности наиболее интенсивное испарение отмечено у восточного берега Каспия в районе залива Кара-Богаз-Гол. По данным реанализа NCEP/NCAR его величина здесь составляет более 120 Вт/м^2 . Учет высоты волн и глубины моря приводит к тому, что величина испарения повышается на $5\text{--}10 \text{ Вт/м}^2$ вдоль всего восточного берега моря, а максимальные значения испарения превышают 130 Вт/м^2 . Интенсификация испарения на $5\text{--}7 \text{ Вт/м}^2$ также отмечается у побережья Апшеронского п-ова. В мягкие зимы, когда ледяной покров на мелководном Северном Каспии выражен слабо, у Апшеронского п-ова отмечается более выраженная интенсификация испарения. Оно может возрастать более чем на 25 Вт/м^2 – с 100 до 125 Вт/м^2 и более. На юго-восток от Аграханского п-ова, где испарение по данным реанализа NCEP/NCAR минимально и составляет $<55 \text{ Вт/м}^2$, влияние волнения и глубины моря приводит к его незначительной интенсификации приблизительно на $3\text{--}5 \text{ Вт/м}^2$. У южного берега моря интенсификация испарения не отмечена из-за отсутствия здесь обширных мелководий (рис. 1).

В мае величины испарения с акватории моря наименьшие по сравнению с остальными рассматриваемыми месяцами. Его максимальные значения фиксируются в прибрежной части Северного Каспия, где они составляют $>70 \text{ Вт/м}^2$. На большей части моря испарение не превышает 40 Вт/м^2 . Учет волнения и глубины моря приводит к следующим результатам: на отдельных участках Северного Каспия интенсификация испарения превышает 15 Вт/м^2 ; в целом же для этого района моря характерны величины интенсификации испарения в $5\text{--}15 \text{ Вт/м}^2$. Таким образом, испарение с учетом интенсификации достигает $85\text{--}90 \text{ Вт/м}^2$. Меньшая интенсификация испарения, не превышающая 5 Вт/м^2 , также отмечается в узкой прибрежной полосе на юго-востоке моря (рис. 2).

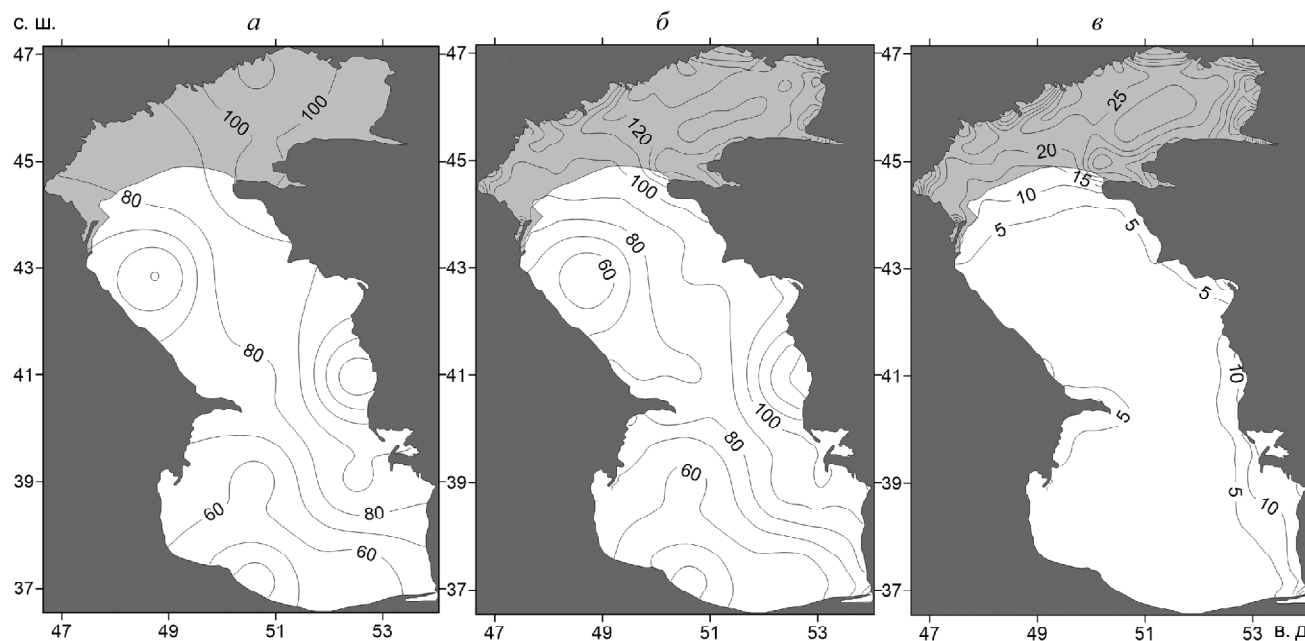


Рис. 1. Распределение средних многолетних величин скрытой теплоты испарения (Вт/м^2) с поверхности Каспийского моря в феврале без учета ветрового волнения (а), с его учетом (б), а также разница между ними (в). Область распространения льда в средние по суровости зимы затемнена

Fig. 1. Distribution of the average latent heat net flux (W/m^2) from the Caspian Sea surface in February without the influence of wind waves (a), with account of their influence (b) and the difference between these values (c). The area covered by ice in an average winter is dashed out

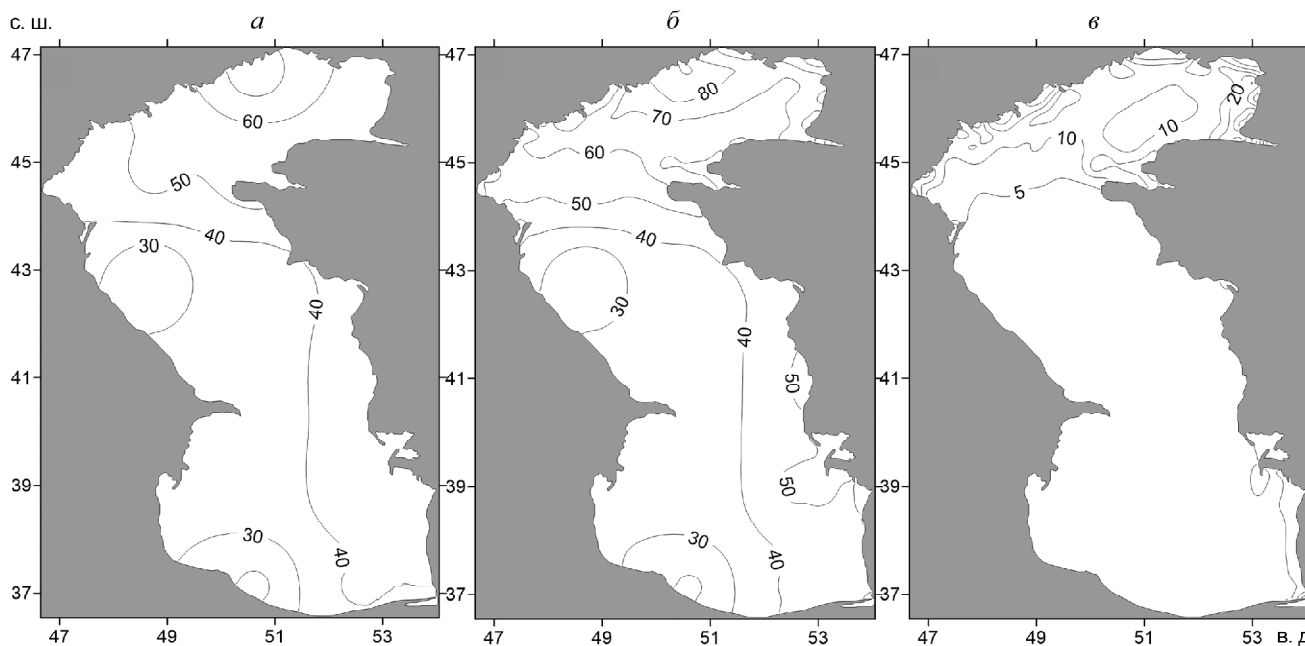


Рис. 2. Распределение средних многолетних величин скрытой теплоты испарения (Вт/м^2) с поверхности Каспийского моря в мае без учета ветрового волнения (а), с его учетом (б), а также разница между ними (в)

Fig. 2. Distribution of the average latent heat net flux (W/m^2) from the Caspian Sea surface in May without the influence of wind waves (a), with account of their influence (b) and the difference between these values (c)

Испарение в августе усиливается по сравнению с весенними месяцами. Так, в Северном Каспии среднемесячные величины испарения колеблются в пределах $140\text{--}170 \text{ Вт/м}^2$. Другая область высокого испарения находится на западе от п-ова Челекен, где его значения превышают 180 Вт/м^2 . Пересчет значений испарения с учетом влияния волн и мелководий показывает, что в Северном Каспии ис-

парение возрастает в основном на $20\text{--}30 \text{ Вт/м}^2$, а на некоторых участках и на 40 Вт/м^2 . Таким образом, испарение здесь увеличивается до $160\text{--}190 \text{ Вт/м}^2$. У юго-восточного побережья Каспия также отмечается интенсификация испарения приблизительно на $10\text{--}25 \text{ Вт/м}^2$, его величины у п-ова Челекен превышают 190 Вт/м^2 с учетом коррекции (рис. 3).

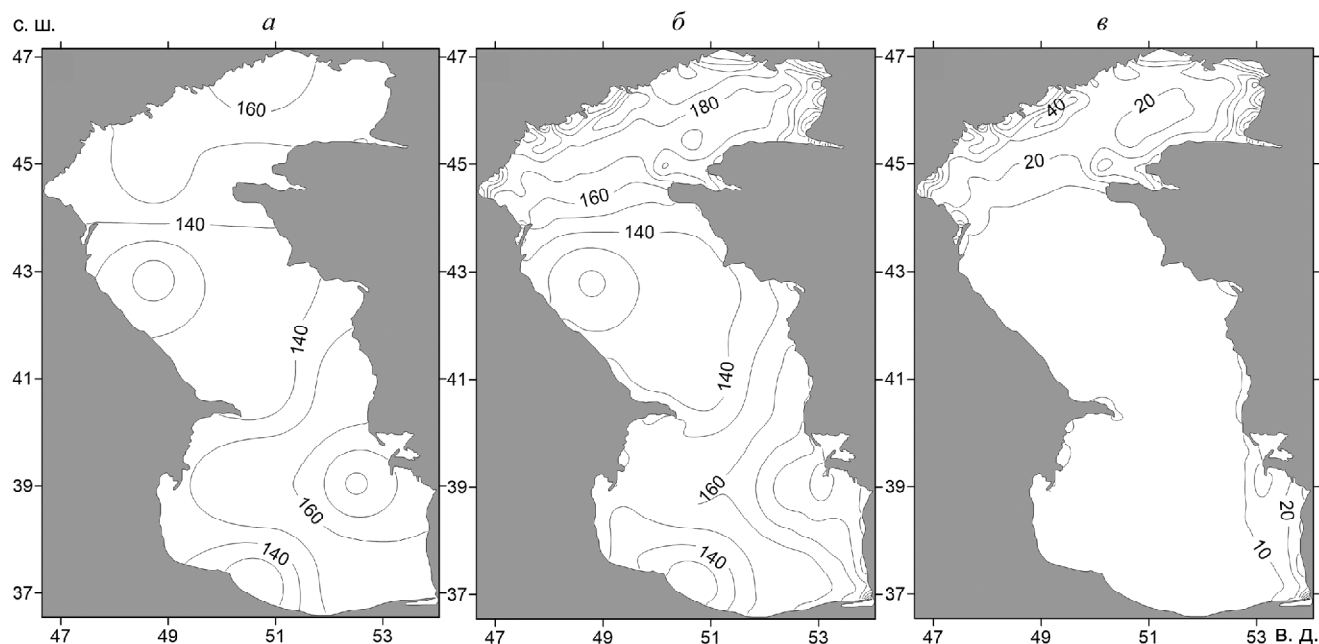


Рис. 3. Распределение средних многолетних величин скрытой теплоты испарения (Вт/м^2) с поверхности Каспийского моря в августе без учета ветрового волнения (а), с его учетом (б), а также разница между ними (в)

Fig. 3. Distribution of the average latent heat net flux (W/m^2) from the Caspian Sea surface in August without the influence of wind waves (а), with account of their influence (б) and the difference between these values (в)

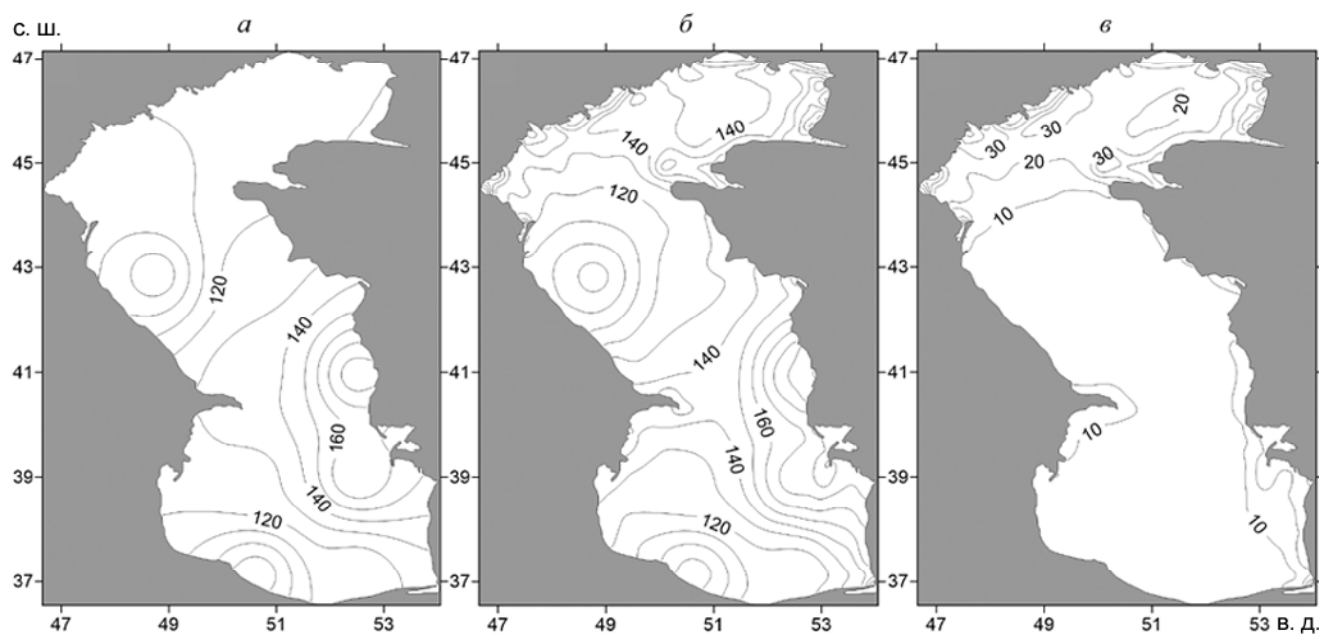


Рис. 4. Распределение средних многолетних величин скрытой теплоты испарения (Вт/м^2) с поверхности Каспийского моря в ноябре без учета ветрового волнения (а), с его учетом (б), а также разница между ними (в)

Fig. 4. Distribution of the average latent heat net flux (W/m^2) from the Caspian Sea surface in November without the influence of wind waves (а), with account of their influence (б) and the difference between these values (в)

Наконец, в ноябре испарение наиболее интенсивно у восточного берега Каспия; его величины здесь превосходят $160\text{--}180 \text{ Вт/м}^2$. В мелководном Северном Каспии значения испарения однороднее, чем в остальном море, они плавно возрастают с $\sim 105 \text{ Вт/м}^2$ в западной части до 120 Вт/м^2 в восточной. Как и во все остальные месяцы, наиболее заметная интенсификация испарения происходит в се-

верной части моря, где она достигает и иногда превышает 30 Вт/м^2 . В абсолютном выражении это означает, что величина испарения в большей части этого района увеличивается с упомянутых ранее значений до $130\text{--}140 \text{ Вт/м}^2$. Интенсификация испарения также отмечается в юго-восточной прибрежной акватории и у побережья Апшеронского п-ова. В этих районах она составляет $20\text{--}30$ и $10\text{--}20 \text{ Вт/м}^2$

соответственно (рис. 4). Также отметим, что интенсификация испарения у Апшеронского п-ова отмечается только осенью и зимой, когда штормовая активность максимальна и, соответственно, ветровые волны достигают наибольших высот.

Выводы:

— с помощью методики, описанной в [Панин и др., 2006], впервые оценено влияние мелководий и волнения на средние месячные величины испарения с акватории Каспийского моря. Влияние мелководий и волнения выражено наиболее явно в мелководном Северном Каспии. Прирост испарения с учетом глубины моря и волнения здесь колеблется от 10–15 Вт/м² в мае до 20–40 Вт/м² в августе. Другие области, где

отмечен этот эффект, — прибрежная акватория в юго-восточной части моря и район Апшеронского п-ова; в последнем интенсификация испарения отмечается в ноябре и феврале, т.е. в периоды наибольшей штормовой активности;

— сделано предположение, что учет влияния мелководий и волнения на количество испаряемой влаги позволит уточнить водный баланс Каспийского моря. Указанное, а также оценка межгодовой изменчивости испарения с мелководных акваторий моря и определение его интенсификации во время сильных штормов могут стать логичным продолжением описанных здесь исследований.

Благодарности. Авторы считают своим долгом отметить, что статья посвящается светлой памяти профессора Геннадия Николаевича Панина, которому принадлежит идея исследования и под чьим руководством выполнена значительная часть работы.

Исследование выполнено за счет совместного гранта Российского фонда фундаментальных исследований и Русского географического общества (проект № 13-05-41007 РГО_а «Анализ природы климатических изменений европейской территории России и сценарный прогноз уровня режима Каспийского моря»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Антонюк А.Ю. Изменчивость океанологических процессов и полей во внутренних морях (Черном, Азовском, Каспийском) на основе дистанционного зондирования: Автореф. канд. дисс. М., 2013.

Архипкин В.С., Добролюбов С.А., Гиппиус Ф.Н. и др. Моделирование экстремальных природных явлений в морях России с использованием суперкомпьютерных технологий // Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2014. С. 119–126.

Голицын Г.С., Грачев А.А. Скорости и тепломассообмен при конвекции в двухкомпонентной среде // Докл. АН СССР. 1980. Т. 225, № 3. С. 548–552.

Голицын Г.С., Панин Г.Н. О водном балансе и современных изменениях уровня Каспия // Метеорология и гидрология. 1989. № 1. С. 57–64.

Грачев А.А., Панин Г.Н. Параметризация потоков явного и скрытого тепла над водной поверхностью в штормовых условиях // Изв. АН СССР. Сер. физика атмосферы и океана. 1984. № 5. С. 364–371.

Китайгородский С.А., Кузнецов О.А., Панин Г.Н. О коэффициентах сопротивления, теплообмена и испарения и расчетах потоков импульса, тепла и влаги над морской поверхностью в атмосфере // Изв. АН СССР. Сер. физика атмосферы и океана. 1973. Т. 9, № 11. С. 1135–1141.

Панин Г.Н. Испарение и теплообмен Каспийского моря. М.: Наука, 1987.

Панин Г.Н., Кривитский С.В. Аэродинамическая шероховатость поверхности водоема. М.: Наука, 1992.

Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. М.: Наука, 2005.

Панин Г.Н., Насонов А.Е., Фокен Т. Испарение и теплообмен водоема с атмосферой при наличии мелководий // Изв. РАН. Сер. физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42, № 3. С. 367–383.

Arkhipkin V.S., Malyarenko E.A., Surkova G.V. Analysis of storm waves on the Caspian sea // Geophys. Res. Abstr. 2012. Vol. 14. P. 3972–3972.

Benilov A.Yu., Kuznetsov O.A., Panin G.N. On the analysis of wind wave-induced disturbances of the atmospheric turbulent

surface layer // Boundary-Layer Meteorol. 1974. Vol. 6, N 1/2. P. 269–285.

Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L. H. A third-generation wave model for coastal regions. 1. Model description and validation // J. Geophys. Res. 1999. Vol. 140, N C4. P. 7649–7666.

Gorrell L., Raubenheimer B., Elgar S., Guza R.T. SWAN predictions of waves observed in shallow water onshore of complex bathymetry // Coastal Engineering. 2011. Vol. 58. P. 510–516.

Hasselmann K., Barnett T.P., Bouws E. et al. Measurements of wind wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP) // Dtsch. Hydrogr. Z. Suppl. 1973. Vol. 12, A8.

Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project // Bull. Amer. Meteor. Soc. 1996. Vol. 11, N 3. P. 437–471.

Kistler R., Collins W., Saha S. et al. The NCEP–NCAR 50–Year reanalysis: Monthly means CD–ROM and documentation // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2001. Vol. 82. P. 247–267.

Komen G.J., Hasselmann S., Hasselmann K. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum // J. Phys. Oceanogr. 1984. Vol. 14. P. 1271–1285.

Ris R.C., Holthuijsen L.H., Booij N. A third-generation wave model for coastal regions. 2. Verification // J. Geophys. Res. 1999. Vol. 104, N C4. P. 7667–7681.

Rusu E., Onea F. Evaluation of the wind and wave energy along the Caspian Sea // Energy. 2013. Vol. 50. P. 1–14.

Rusu E., Pilar P., Guedes Soares C. Evaluation of the wave conditions in Madeira Archipelago with spectral models // Ocean Engineering. 2008. Vol. 35. P. 1357–1371.

SWAN. User manual SWAN Cycle III, vers. 40.41. Delft University of Technology. December 2004. URL: <http://fluidmechanics.tudelft.nl/swan/index.htm>

Van Leeden M., Vaughn G., Lansen J. et al. Extreme wave event along the Guyana coastline in October 2005 // Continental Shelf Res. 2009. Vol. 29. P. 352–361.

Zijlema M. Computation of wind-wave spectra in coastal waters with SWAN on unstructured grids // Coastal Engineering. 2010. Vol. 57. P. 267–277.

Поступила в редакцию 30.11.2015
Принята к публикации 02.06.2016

F.N. Gippius¹, V.S. Arkhipkin², A.V. Frolov³SEASONAL VARIATIONS OF EVAPORATION FROM
THE CASPIAN SEA SURFACE WITH ACCOUNT
OF WIND WAVES AND SEA DEPTH

An empirical relationship describing the changes in evaporation from a water body in relation to its depth and wave heights is used to assess the intensification of monthly average evaporation from the Caspian Sea surface. The data used in this study includes the digital bottom relief model of the Caspian Sea with a spatial resolution of 5 km, data on significant wave heights (SWH) and the latent heat net flux. SWH values were calculated by means of the SWAN numerical model based on wind fields from the NCEP/NCAR reanalysis. Latent heat net flux values were derived from the NCEP/NCAR reanalysis as well.

The averaged February, May, August and November values are described in this study. The impact of waves and bottom depth on the evaporation is most expressive in the shallow northern part of the Caspian Sea. The values of evaporation increase range there from 10–15 W/m² in May to 20–40 W/m² in August. This effect is also observed in the southeastern areas of the sea and off the Apsheron Peninsula; in the latter case the intensification of evaporation is observed only in February and November, i.e. during the stormiest seasons.

Key words: Caspian Sea, evaporation, wind waves, seasonal variations, NCEP/NCAR reanalysis, SWAN model.

Acknowledgements. The authors are bound in honor to dedicate the article to the blessed memory of Professor Gennady Nikolayevich Panin, the architect of the concept of the study and the supervisor of a good share of investigations.

The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Russian Geographical Society (project N 13-05-41007).

REFERENCES

- Antonjuk A.Ju. Izmenchivost' okeanologicheskikh processov i polej vo vnutrennih morjakh (Chernom, Azovskom, Kaspijskom), na osnove distancionnogo zondirovanija. Diss. na soisk. uch. st. kandidata geogr. nauk [Variability of oceanological processes in internal seas (Black Sea, Sea of Azov, Caspian Sea) based on remote sensing]: PhD thesis, Moscow, 2013 (in Russian).
- Arkhipkin V.S., Malyarenko E.A., Surkova G.V. Analysis of storm waves on the Caspian sea // *Geophys. Res. Abstr.* 2012. Vol. 4. P. 972–3972.
- Arkhipkin V.S., Dobrolyubov S.A., Gippius F.N. et al. Modelirovanie jekstremal'nyh prirodnyh javlenij v morjakh Rossii s ispol'zovaniem superkomp'yuternyh tehnologij [Numerical modelling of natural hazards in the Russian Seas Using Supercomputer Technologies]. Al'manah «Cuperkomp'yuternye tehnologii v nauke, obrazovanii i promyshlennosti», Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2014, pp. 119–126 (in Russian).
- Benilov A.Yu., Kuznetsov O.A., Panin G.N. On the analysis of wind wave-induced disturbances of the atmospheric turbulent surface layer // *Boundary-Layer Meteorol.* 1974. Vol. 6, N 1/2. P. 269–285.
- Booij N., Ris R.C., Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions. 1. Model description and validation // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 140, N C4. P. 7649–7666.
- Golicyn G.S., Grachev A.A. Skorosti i teplomassoobmen pri konvekcii v dvuhkomponentnoj srede [Velocities and exchange of heat and mass during convection in a two-component medium], *Doklady AN SSSR*, 1980, T. 225, no 3. pp. 548–552 (in Russian).
- Golicyn G.S., Panin G.N. O vodnom balanse i sovremennyh izmenenijah urovnja Kaspija [On the water balance and actual fluctuations of the Caspian Sea level], *Meteorologija i gidrologija*, 1989, no 1, pp. 57–64 (in Russian).
- Gorrell L., Raubenheimer B., Elgar S., Guza R.T. SWAN predictions of waves observed in shallow water onshore of complex bathymetry // *Coastal Engineering*, 2011. Vol. 58. P. 510–516.
- Grachev A.A., Panin G.N. Parametrizacija potokov javnogo i skrytogo tepla nad vodnoj poverhnost'ju v shtilevyh uslovijah [Parametrization of sensible and latent heat fluxes over the water surface during calm conditions], *Izv. AN SSSR, Fizika atmosfery i okeana*, 1984, no 5, pp. 364–371 (in Russian).
- Hasselmann K., Barnett T. P., Bouws E. et al. Measurements of wind wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP) // *Dtsch. Hydrogr. Z. Suppl.* 1973. Vol. 12, A8.
- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R. et al. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 1996. Vol. 11, N 3. P. 437–471.
- Kistler R., Collins W., Saha S. et al. The NCEP–NCAR 50–Year reanalysis: Monthly means CD–ROM and documentation // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 2001. Vol. 82. P. 247–267.
- Kitajgorodskij S.A., Kuznetsov O.A., Panin G.N. O koeficiente soprotivlenija, teploobmena i isparenija i raschetah potokov impul'sa, tepla i vlagi nad morskoi poverhnost'ju v atmosfere [On the coefficients of resistance, heat exchange and evaporation and the calculations of momentum, heat and mass fluxes in the atmosphere over the sea surface], *Izvestija AN SSSR. Fizika atmosfery i okeana*, 1973. Vol. 9, no 11, pp. 1135–1141 (in Russian).
- Komen G.J., Hasselmann S., Hasselmann K. On the existence of a fully developed wind-sea spectrum // *J. Phys. Oceanogr.* 1984. Vol. 14. P. 1271–1285.
- Panin G.N. Isparenje i teploobmen Kaspijskogo morja [Evaporation and heat exchange of the Caspian Sea], Moscow, Nauka, 1987 (in Russian).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Scientific Researcher; e-mail: fedor.gippius@gmail.com

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Associate Professor, Ph.D in Geography; e-mail: victor.arkhipkin@gmail.com

³ Institute of Water Problems, RAS, Laboratory of Global Hydrology, Senior Scientific Researcher, Doctor of Engineering Sciences; e-mail: anatolyfrolov@yandex.ru

Panin G.N., Krivitskij S.V. Aerodinamicheskaja sherohovatost' poverhnosti vodoema [Aerodynamic roughness of water body surface], Moscow, Nauka, 1992 (in Russian).

Panin G.N., Mamedov R.M., Mitrofanov I.V. Sovremennoe sostojanie Kaspijskogo morja [Modern state of the Caspian Sea], Moscow, Nauka, 2005 (in Russian).

Panin G.N., Nasonov A.E., Foken T. Isparenie i teploobmen vodoema s atmosferoj pri nalichii melkovodij [Evaporation and heat exchange of a water body with the atmosphere in the case of shallow waters], *Izvestija Rossijskoj akademii nauk, Fizika atmosfery i okeana*, 2006. Vol. 42, no 3, pp. 367–383 (in Russian).

Ris R.C., Holthuijsen L.H., Booij N. A third-generation wave model for coastal regions. 2. Verification // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104, N C4. P. 7667–7681.

Rusu E., Onea F. Evaluation of the wind and wave energy along the Caspian Sea // *Energy*. 2013. Vol. 50. P. 1–14.

Rusu E., Pilar P., Guedes Soares C. Evaluation of the wave conditions in Madeira Archipelago with spectral models // *Ocean Engineering*. 2008. Vol. 35. P. 1357–1371.

SWAN. User manual SWAN Cycle III, vers. 40.41. Delft University of Technology. December 2004. URL: <http://fluidmechanics.tudelft.nl/swan/index.htm>

Van Ledden M., Vaughn G., Lansen J. et al. Extreme wave event along the Guyana coastline in October 2005 // *Continental Shelf Res.* 2009. Vol. 29. P. 352–361.

Zijlema M. Computation of wind-wave spectra in coastal waters with SWAN on unstructured grids // *Coastal Engineering*. 2010. Vol. 57. P. 267–277

Received 30.11.2015

Accepted 02.06.2016

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК:910.2

А.И. Алексеев¹, К.И. Дельва², М.Д. Усова³**«ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИЕ ДЕРЕВЬЯ» И СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ**

Опробован новый метод социально-географического исследования сельских сообществ – построение «генеалогических деревьев», что позволило выявить миграции за длительный период и возможности существования «сельско-городских» сообществ, а также проанализировать социальные сети, дающие уникальный материал для изучения современных миграций населения.

Ключевые слова: сельские сообщества, генеалогические деревья, социальные сети, миграции населения, Тверская область.

Введение. Летом 2015 г. нами проведены социально-географические исследования в двух районах Тверской области – Фировском (Рождественское муниципальное поселение, пос. Комсомольский) и Старицком (Степуринское муниципальное поселение). При этом использованы относительно новые источники информации.

«Генеалогические деревья» сельских семей как источник информации. В 1921–1923 гг. в дер. Гадыши Валдайского уезда Новгородской губернии (сейчас Фировский район Тверской области, деревня была переименована в пос. Комсомольский) М.Я. Феноменов выполнил исследование, опубликованное в виде двух выпусков.⁵

Мы предприняли попытку продолжить его работу по составлению генеалогических деревьев крестьянских семей. Рассмотрены семьи, упомянутые и описанные в книге М.Я. Феноменова (для ряда семей он построил генеалогические деревья от 2-й половины XIX в. до 1921 г.). Сведения о членах семей гадышевских родов, проживавших в селе после 1920-х гг., получены нами в ходе проведения интервью с жителями и дачниками пос. Комсомольский, а также при обработке архивных документов в пос. Комсомольский и пгт Фирово (здесь скопированы материалы похозяйственных книг за 1952–2012 гг.).

На основании полученной информации построено восемь генеалогических деревьев гадышевских родов, для чего была использована специальная программа «Древо Жизни».

На основе обработанного материала можно выделить как минимум пять поколений гадышевских семей: 1) «нулевое» поколение, или родоначальники гадышевских семей; 2) первое поколение –

1870–1880-е годы рождения (г.р.); 3) второе поколение – родившиеся на рубеже XIX–XX вв. (до Первой мировой войны); 4) третье поколение – первое советское поколение (1920–1930 г.р.); 5) четвертое поколение – послевоенное поколение (1940–1950-е г.р.).

Уезжать из Гадышей начали уже представители первого поколения, чаще всего «эмигрантами» из села были девушки, которых выходили замуж за жителей соседних деревень. Реже встречаются случаи переезда уже сложившихся семей. У этого поколения число детей, достигших репродуктивного возраста, 3–4.

Второе поколение гадышевцев родилось на рубеже XIX–XX вв. (от 1895 до 1913 г.), это самое многочисленное поколение. У них гораздо больше детей – до 7–8. После гражданской войны они начали переселяться из Гадышей в малые города Новгородской губернии (Валдай, Окуловка) или на территорию нового освоения (в Мурманскую область). Постепенно семьи теряли связи, об их судьбе осталась лишь отрывочная информация. Наши респонденты в лучшем случае могли назвать город, где проживают их троюродные или четвероюродные родственники. Можно сказать, что это поколение вступает в период интенсивной урбанизации.

Первое советское поколение (1920–1930-е г.р.) было менее многочисленным, чем поколение рубежа веков. После Великой Отечественной войны многие из них в возрасте от 20 до 30 лет уехали в ближайшие малые города Новгородской и Калининской областей (Бологое, Осташков, Торжок, Окуловка и др.) или в Ленинград, где обзавелись семьями, в которых было не более 2 детей.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, доктор географических наук, профессор; *e-mail:* alival@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирант; *e-mail:* kdelva@rambler.ru

³ Тверской государственный университет, географический факультет, магистрант; *e-mail:* aniram.8888@mail.ru

⁴ Феноменов М.Я. Современная деревня. Опыт краеведческого обследования одной деревни. Ч. I: Производительные силы деревни; Ч. II: Старый и новый быт. М.; Л., 1925.

Послевоенное поколение (четвертое) было немногочисленным. В среднем в семье было по 2–3 ребенка, родившихся после войны. При достижении 20–25-летнего возраста (конец 1960-х – начало 1970-х гг.) многие из них переселились в города. Основной поток переселения шел в Ленинград и Ленинградскую область, а также в другие города Нечерноземья (Новгород, Калинин, Ярославль), т.е. уже в крупные города.

На основании данных интервью крайне затруднительно выделить последующие поколения гадышевцев. Многие из наших респондентов в настоящее время являются дачниками, которые относятся к четвертому (1930-е гг.) или к послевоенному – пятому поколению. Большинство семей потомков описанных М.Я. Феноменовым первого и второго поколений, уехали из села или смешались с семьями, переехавшими в Гадыши после войны.

Установлено, что в настоящее время в Гадышах проживают всего 15 человек, которых точно можно назвать потомками гадышевских родов. Остальные потомки гадышевских родов переехали в города.

Опыт использования социальных сетей для изучения «сельско-городских» сообществ. Группа «Гадыши (Годыши)» в социальной сети «ВКонтакте» (<https://vk.com/club666423>).

Из горожан – потомков выходцев из дер. Гадыши сформировалась очень активная группа, члены которой живо интересуются жизнью деревни. Группа состоит из 324 участников. Для получения социально-демографических данных нами использован сайт <http://segmento-target.ru/>. Инструменты сайта позволяют выделять из аудитории сети «ВКонтакте» необходимые группы лиц, строить таблицы и графики по полу, возрасту, происхождению и семейному положению участников.

К сожалению, невозможно обработать весь массив данных без потери участников. По результатам обработки массива данных численность совокупности сократилась до 250 участников. Частично потери связаны с тем, что не все респонденты указывают основную информацию о себе.

Возрастной диапазон участников, указавших свой возраст, варьирует от 19 до 32 лет. В этом диапазоне большинство имеют возраст от 26 до 32 лет, максимальной численности достигает группа 1987 г.р. (28 лет). Среди участников группы, не указавших свой возраст, встречаются все группы населения – от петербургских школьников до пенсионеров. Мужчины и женщины представлены поровну.

В качестве родного города 150 человек указали Санкт-Петербург, 35 – Москву, 33 – Тверь, 11 – Бологое, 8 – Куженкино (поселок в нескольких километрах от Гадышей, где в конце советского периода строились жилые дома для работников), несколько человек указали Великий Новгород, район Фирово и центр муниципального поселения (бывший сельсовет) Рождество.

Большинство группы – участников из Санкт-Петербурга – потомки гадышевских родов, упоминаемых в книге М.Я. Феноменова, в настоящее вре-

мя имеют на территории пос. Комсомольский дачные дома («родовые гнезда»). Именно они составляют самую активную часть группы «ВКонтакте»; администратор группы и несколько самых активных членов группы постоянно выкладывают актуальную информацию о движении поездов, фото летнего отдыха, исторические и биографические материалы о дер. Гадыши и др. Представители группы из Санкт-Петербурга часто сообщают о своих планах относительно Гадышей, делятся комментариями и предложениями. Из анализа общения можно сделать вывод о том, что многие из них неплохо знакомы друг с другом. Они заказали в Государственной публичной исторической библиотеке в Москве копию книги М.Я. Феноменова (что стоило немалых денег, собранных среди активных участников сети) и разместили ее на сайте, нашли и разместили там же том из серии «Живописная Россия» (1881) и текст Новгородской писцовой книги (1495 г.), опубликованный в 1859 г.

Среди 35 москвичей обнаружено лишь несколько представителей гадышевских родов (возможно, это объясняется сменой фамилий при замужестве). Московская часть группы наименее активна, например, с июня по декабрь 2015 г. отмечена активность всего трех участников группы.

Третье место по численности участников занимают тверичи (33 участника). При рассмотрении половозрастной структуры этой группы выявлено, что преобладают мужчины (60%), возраст которых не превышает 23 лет. Среди участников группы из Твери много тех, кто зарегистрирован в пос. Комсомольский. На основании этого можно выдвинуть предположение, что главное направление миграции молодого трудоспособного населения из пос. Комсомольский в настоящее время – г. Тверь. При изучении молодых участников группы из Петербурга обнаружено лишь несколько человек, приехавших в Петербург из пос. Комсомольский для учебы или работы. Большинство молодых петербургских участников группы (до 20 лет) родились и выросли в Петербурге.

Можно предположить, что за рассматриваемый период произошло изменение потока населения из пос. Комсомольский – он сменился с Санкт-Петербурга на Тверь. Между пос. Комсомольский и г. Тверь складывается действующая миграционная система, в то время как между пос. Комсомольский (Гадыши) и Санкт-Петербургом миграционная система завершила активную фазу существования и перетекла в «дачную» фазу.

Для Степуринского муниципального поселения проанализирована социальная сеть «ВКонтакте» среди выпускников Степуринской средней школы (в пос. Комсомольский школы нет), нами были рассмотрены страницы людей, которые закончили 10-й и 11-й классы в Степуринской средней школе (всего 200 человек). (К сожалению, часть участников не афишировали личную информацию на странице социальной сети, таким образом, наши данные неполные.).

Большинство участников моложе 30 лет (2/3 из указавших возраст), мужчин и женщин поровну. Из указавших «населенный пункт» в качестве контактной информации только 12% назвали Степурино и одну из ближайших деревень (т.е. они остались жить там же, где закончили школу). Наибольшая часть участников (54%) указали областной центр Тверь, 12% – Москву и Московскую область, 8% – районный центр Старицу, 6% – другие города Тверской области, по 4% – Санкт-Петербург и другие города России. Таким образом, судя по этим данным, в своем селе остались жить только одна восьмая часть всех выпускников школы за последние 20–30 лет, а большая часть из них переехали в областной центр.

При анализе учебных заведений, в которых обучались(ются) выпускники Степуриной школы, прослеживаются родственная связь и связь «классных поколений». Также исходя из личных наблюдений авторов немало примеров, когда братья и/или сестры поступают в те же общеобразовательные учреж-

дения, здесь мы понимаем связь между учащими-ся разных классов. Причин поступления «по стопам товарищей» может быть несколько: крепкая дружба, родственные отношения, приоритетные места обучения среди школьного коллектива, соседское положение (из одного и того же населенного пункта уезжают учиться подростки, которые затем закрепляются группами на месте учебы или работы, поддерживая и помогая друг другу) и др.

Выводы:

– использованные нами методы предоставляют новые возможности для изучения сельских сообществ. Генеалогические деревья позволяют проследить их эволюцию за длительный срок, и выявить «сельско-городские» системы жизнедеятельности. Социальные сети дают информацию за более короткий период, но также позволяют установить миграционную историю сообщества, которую практически невозможно получить из других источников.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта РГНФ (проект № 15-03-00743а «Изменения в территориальной организации образа жизни населения в различных типах сельской местности России в постсоветский период»).

A.I. Alexeev¹, K.I. Delva², M.D. Usova³

«FAMILY TREES» AND SOCIAL NETWORKS AS A SOURCE OF INFORMATION FOR THE SOCIAL-GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF RURAL TERRITORIES

New methods of social-geographical studies have been tested, such as construction of «family trees» and analysis of social networks. The first one makes it possible to reveal the migrations for a long period of time and the possibilities of existence of rural-urban communities. The analysis of social networks provides unique data for the study of the actual migrations of population.

Key words: rural communities, family trees, social networks, population migrations, the Tver Oblast.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Humanitarian Scientific Foundation (project N 15-03-00743a).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, Professor, D.Sc. in Geography; e-mail: alival@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Economic and Social Geography of Russia, post-graduate student; e-mail: kdelva@rambler.ru

³ Tver State University, Faculty of Geography, master's student; e-mail: aniram.8888@mail.ru

ХРОНИКА

ЮБИЛЕЙ КАФЕДРЫ БИОГЕОГРАФИИ

В 2016 г. исполняется 70 лет кафедре биogeографии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Основанная в 1946 г., кафедра на протяжении всего времени была и остается уникальным научным и учебным центром.

Формирование основных научных направлений кафедры проходило вместе с развитием фундаментальных географических знаний, в тесной связи со всеми достижениями смежных наук – изучение живого покрова планеты невозможно без учета его взаимодействия с атмосферой, гидросферой, литосферой и общественным развитием. В этом смысле научные разработки кафедры стали на географическом факультете связующим звеном между исследованиями различных явлений природы и последствий деятельности человека.

Кафедра – ведущий научно-педагогический коллектив в России, который готовит специалистов высшей квалификации в области биogeографии и экологии. Сотрудники кафедры читают несколько потоковых курсов для всего факультета, преподают более 30 спецкурсов, существует программа дополнительного образования. Содержание предметов постоянно обновляется: за последние годы введено 2 новых потоковых курса для бакалавриата («Экология с основами биogeографии» и «Экология человека»), 5 новых спецкурсов для бакалавриата и 8 спецкурсов для магистратуры, в том числе на английском языке, а также 3 межкафедральных курса. Межкафедральный курс «Живая планета глазами географа» занял 1-е место в рейтинге на факультете и вызвал живой интерес у студентов других факультетов университета. Расширяется география учебных и производственных практик для студентов. Кроме территории России, практики проводятся в Китае, Монголии, Непале, Италии, США, Эквадоре, Камеруне и Габоне. Под руководством профессоров кафедры ежегодно защищаются кандидатские диссертации и формируется профессорско-преподавательский резерв.

На кафедре активно функционируют лаборатория биogeографического картографирования и экологии сообществ и лаборатория медицинской географии и биоиндикации. Основные направления их работы связаны с решением актуальных задач современной географической науки, продиктованных глобальными изменениями природной среды и усиливающимся антропогенным воздействием.

Гербарий и эталонная учебная и научно-справочная коллекция птиц и млекопитающих территории России и прилегающих стран – уникальные собрания, включенные в международные реестры, они обеспечивают материалами научные исследования и учебные потребности кафедры.

В сферу научных разработок кафедры традиционно входит широкий спектр проблем экологической биogeографии, географии биоразнообразия, биogeографических основ охраны природы, биоиндикации и биомониторинга экосистем, биogeографии почв, медицинской географии и экологии человека, биogeографического картографирования. В последние годы при изучении распространения и происхождения организмов большое внимание уделяется использованию новейших молекулярно-генетических методов. Многие исследования сотрудников кафедры поддерживаются государственными и научными фондами (многочисленные проекты РФФИ, РГО, РНФ и др.).

За последние годы выпущен ряд новых крупных учебных и научных публикаций. Можно упомянуть выдержавший несколько изданий учебник «Биogeография», учебные пособия «Окружающая среда и здоровье населения», «Введение в биogeографию морей России. Региональные аспекты биogeографии Мирового океана», «Учебная почвенно-биogeографическая практика в средней тайге», «Летняя практика по биogeографии на Западном Кавказе». Вышли в свет такие заметные научные труды, как Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни», медико-демографические атласы Калининградской и Московской областей, монографии «Авифауна гор азиатской Субарктики», «Лесные оазисы и почвенная фауна» и др. Сотрудники кафедры участвуют в комплексных исследованиях, результаты которых отражены в междисциплинарных монографиях, таких, как «Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния».

Международная научная и научно-педагогическая деятельность кафедры имеет широкую географию. Преподаватели, научные сотрудники, аспиранты и студенты принимают участие в работе Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и МАН, Французско-Российской экспедиции на о-ва Тасмания и Новая Каледония, в совместных российско-итальянском и российско-китайском проектах, в летних школах Итало-Российского института экологических исследований и образования, которые проводятся на базе университетов Италии и России.

Сотрудники кафедры участвуют в многочисленных международных конференциях, симпозиумах, совещаниях. Кафедра выступила организатором международного семинара по медицинской географии (IGU Pre-Conference Meeting on Medical Geography And Human Ecology, 13–16 августа 2015 г., Владимир, Россия), состоявшегося в преддверии прошедшей в Москве в августе 2015 г. Региональ-

ной конференции Международного географического союза. Сотрудники кафедры ведут активную работу в Русском географическом обществе, являясь организаторами проведения ежемесячных заседаний двух комиссий МЦ РГО – комиссии биогеографии и комиссии медицинской географии и экологии человека. Силами этих двух комиссий проведены мемориальные мероприятия памяти выдающихся биогеографов А.Г. Воронова, С.В. Викторова, Е.Г. Мяло. Сотрудники кафедры организовывали и читали научно-популярные лекции в лектории МЦ РГО, на Университетских субботах, в экологической школе на Устьянской научно-учебной станции факультета, а также в разнообразных учеб-

ных и научных учреждениях страны. Ученые, представляющие различные направления работы кафедры, нередко выступают в качестве экспертов и популяризаторов науки, в том числе в популярной телепрограмме «В мире животных», бессменный ведущий которой на протяжении нескольких десятилетий – профессор кафедры Н.Н. Дроздов.

Эти достижения свидетельствуют о том, что кафедра находится на подъеме. В этом номере журнала в разделах «География и экология» и «Методы географических исследований» представлены некоторые обобщающие результаты исследований коллектива кафедры биогеографии по традиционным и новым направлениям.

С.М. Малхазова

ЮБИЛЕИ

75-летие КИРИЛЛА НИКОЛАЕВИЧА ДЬЯКОНОВА

20 сентября 2016 г. исполнилось 75 лет одному из крупнейших ландшафтоведов России Кириллу Николаевичу Дьяконову – члену-корреспонденту РАН, доктору географических наук, заведующему кафедрой физической географии и ландшафтоведения географического факультета, Заслуженному профессору Московского университета.

После окончания географического факультета МГУ К.Н. Дьяконов несколько лет работал в Институте географии АН СССР. За годы работы в институте он внес большой вклад в развитие мелиоративной географии, исследование влияния крупных гидротехнических объектов на ландшафты. Он стал одним из первых географов, внедрявших системную идеологию в ландшафтоведение. После трудов К.Н. Дьяконова и его соавторов в географию прочно вошло фундаментальное понятие «геотехническая система».

После возвращения в начале 1970-х гг. на географический факультет К.Н. Дьяконов непрерывно работает на родной кафедре физической географии СССР, ныне кафедре физической географии и ландшафтоведения, где прошел путь от старшего научного сотрудника до профессора, в 1987 г. он возглавил кафедру. Профессору К.Н. Дьяконову удалось обеспечить успешное развитие кафедры в сложный период смены поколений. В течение многих лет К.Н. Дьяконов выступает как лидер ландшафтно-геофизических, ландшафтно-дендрохронологических, островных исследований. Под его руководством и его личными усилиями на кафедре стали успешно развиваться стационарные и полустационарные исследования в нескольких регионах лесной зоны, давшие обильный материал для развития структурного, функционально-динамического и эволюционного направлений ландшафтоведения. Он по-прежнему не мыслит свою жизнь без активных экспедиционных работ, которые охватывают европейскую часть России, Сибирь, тропические острова.

Широкий научный кругозор юбиляра отражен и в разнообразии научных исследований от традиционного крупномасштабного структурно-функционального изучения ландшафта до гуманитарной географии и общего землеведения. По его инициативе на кафедре совершенствуются новые направления, связанные с применением физических и математических методов, которые стали преподавать студен-

там в ряде учебных дисциплин. Круг интересов К.Н. Дьяконова не ограничивается ландшафтоведением. На кафедре развивается новое направление фундаментальных землеведческих исследований – Кирилл Николаевич стал инициатором создания обновленного курса «Общее землеведение» для студентов факультета. В течение многих лет он преподает на географическом факультете и в Черноморском филиале факультета учебные курсы «Ландшафтоведение», «Геофизика ландшафта», «Биогеофизика ландшафтов», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Актуальное ландшафтоведение», «Актуальные проблемы физической географии».

Кирилл Николаевич внес большой вклад в развитие теории и практики эколого-географической экспертизы, экологического проектирования, которые отражены как в решениях государственных органов и проекторочных организаций, так и в учебном процессе. Им в соавторстве написаны учебники «Экологическое проектирование и экспертиза», «Мелиоративная география», ставшие одними из основных источников знаний в области прикладной географии.

К.Н. Дьяконов – неугомонный организатор географической науки и географического образования, он член Президиума ученого совета Русского географического общества, ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова, ученого совета географического факультета МГУ и диссертационных советов, редколлегия журнала «Вестник Московского университета, серия География», УМО университетов России по высшему географическому образованию.

Благодаря опыту, личному обаянию, развитому чувству юмора К.Н. Дьяконова на кафедре создана благожелательная атмосфера с бережным отношением к ветеранам и простором для творческого развития молодого поколения преподавателей и научных сотрудников. Всегда энергичный и доброжелательный, он щедро делится с коллегами, студентами, аспирантами своими идеями и оптимизмом. Он трепетно относится к сохранению многочисленных кафедральных традиций, заложенных его учителями и поддерживаемых его учениками.

Сердечно поздравляем Кирилла Николаевича с юбилеем и желаем крепкого здоровья, новых научных идей и обильных географических впечатлений.

70-летие ВИКТОРА ВАСИЛЬЕВИЧА РОГОВА

25 ноября 2016 г. исполнилось 70 лет Виктору Васильевичу Рогову. Профессор кафедры криолитологии и гляциологии, которую он закончил с красным дипломом в 1969 г. В 1972 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а затем и докторскую (1989), на кафедре В.В. Рогов прошел путь от аспиранта до профессора.

Его научные интересы сосредоточены в первую очередь на изучении микростроения льдов и мерзлых почв и грунтов. При работе над кандидатской диссертацией он впервые в мире получил электронно-микроскопические изображения мерзлых пород. Через руки В.В. Рогова прошло несколько поколений электронных микроскопов – их установка, освоение новых технологий, ввод в практическую работу, обучение работе на них студентов и аспирантов. По сути, Виктор Васильевич уникальный и едва ли не единственный среди криолитологов специалист в этой области. Одаренность В.В. Рогова не только как географа-экспериментатора, но и как инженера позволяет ему находить технические решения при обработке образцов мерзлых пород и анализе результатов изучения их микростроения.

Его исследования обогатили криолитологию представлениями о метаморфизме и структуре подземных льдов, о классификации ледяного цемента мерзлых пород, о криогенном выветривании пород и минералов.

В результате он создал метод микрокриолитологического анализа, сделал большой вклад в теорию физико-химической механики мерзлых дисперсных пород. В.В. Рогову принадлежат многочисленные монографии по геокриологии, где рассматривается микростроение мерзлых пород. Его лидерство в изучении микростроения мерзлых пород принесло ему широкую известность среди почвоведов, физико-химиков, палеогеографов, мерзло-

товедов, грунтоведов и пр., с которыми он успешно сотрудничает.

Широта взглядов, высокий профессионализм и обширная эрудиция, присущие В.В. Рогову, отличают и его учебную работу. Им созданы оригинальные курсы «Основы криогенеза», «Компьютерные методы в криолитологии», «Физико-химическая механика мерзлых пород». Вместе с тем он с успехом читает и такие традиционные специальные курсы, как «Инженерное мерзлотоведение», «Физика и механика мерзлых грунтов», «Мерзлотоведение», «Грунтоведение». Под его руководством написаны и защищены кандидатские диссертации, курсовые и дипломные работы. Он автор более 150 научных работ, в том числе он соавтор и автор 6 учебных пособий, и монографий: «Микростроение мерзлых пород», «Методы криолитологических исследований», «Литогенетическая геокриология», «Криогенез современных и позднеледниковых отложений Алтая и перигляциальных областей Валдайского оледенения», авторского свидетельства и др.

Многие годы В.В. Рогов входит в состав аспирантской комиссии географического факультета, а также является членом Государственной аттестационной комиссии и Государственной экзаменационной комиссии по приему государственных экзаменов у бакалавров, специалистов, магистров и аспирантов кафедры. В.В. Рогов – член диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криологии Земли, картографии, геоинформатике.

В.В. Рогов не только известный ученый, но и замечательный человек, доброжелательный, отзывчивый, всегда готовый помочь студентам и коллегам.

Желаем Виктору Васильевичу больших творческих успехов, реализации его планов, свершения самых смелых идей и крепкого здоровья.

Редколлегия журнала

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ СТАТЕЙ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ 5. ГЕОГРАФИЯ»

Журнал «Вестник Московского университета. Серия 5. География» публикует результаты оригинальных исследований в различных областях географической науки, теоретические, методические и обзорные статьи, представляющие интерес для мирового научного сообщества. К публикации также принимаются краткие сообщения (объем до 4 стр. или 4000 знаков с пробелами, до 2 рисунков и до 10 позиций в списке литературы), информация о научных конференциях и событиях, рецензии на книги. Представленные к опубликованию материалы должны соответствовать формальным требованиям журнала, пройти процедуру слепого рецензирования и получить рекомендацию к публикации на заседании редколлегии журнала. Решение о публикации принимается на основе научной значимости и актуальности представленных материалов. Статьи, отклоненные редакционной коллегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Комплектность. Представленные в редакцию материалы должны включать направление с места работы (учебы) автора; текст статьи, подписанный всеми авторами; аннотацию статьи и ключевые слова на русском и английском языках; таблицы, рисунки и подписи к ним. Материалы (за исключением направления) представляются в распечатанном виде в двух экземплярах и в электронном виде на двух дисках (рисунки представляются на отдельном диске).

Структура и оформление статьи. На первой странице статьи необходимо указать УДК (печатается над заголовком статьи слева), инициалы и фамилию автора, название статьи. Внизу страницы в виде цифровых сносков для каждого автора указываются место работы, должность, ученая степень, адрес электронной почты. Информация о выполнении работы в рамках программы (проекта), о ее финансовой поддержке указывается в конце статьи. Изложение должно быть ясным, лаконичным и последовательным. Статья должна быть структурирована и включать рубрики: введение; материалы и методы исследований; результаты исследований и их обсуждение; выводы; список литературы.

Текст набирается шрифтом Times New Roman 12 кеглем через 2 интервала, с отступом абзацев 1,25 см. Страницы А4 имеют верхнее и нижнее поля 2 см, 2,5 см слева и 1,5 см справа; с нумерацией вверху страницы. Объем статьи не должен превышать 14–16 страниц (включая список литературы и таблицы) и не более 3–4 рисунков. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

Нумерация формул (сплошная по всей статье) указывается в скобках цифрами (1, 2 и т.д.) с правой стороны. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Список литературы приводится в конце статьи: сначала в соответствии с русским алфавитом, затем – с английским, по тексту статьи даются ссылки в квадратных скобках [Иванов и др., 1985]. Библиографическое описание дается в следующем порядке: фамилии и инициалы авторов, полное название монографии, место издания, издательство, год издания, страницы; для периодических изданий – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название журнала, год выпуска, том, номера страниц. Для списка References (рекомендуем пользоваться ресурсом <http://www.translit.ru>) для русскоязычных позиций сделать транслитерацию ФИО авторов и названия работы; в квадратных скобках дать перевод названия на английский язык, транслитерацию выходных данных, в скобках (in Russian). Ссылки на иностранных языках остаются в оригинальном варианте. Пример оформления первой страницы и списка литературы см. на сайте журнала.

Таблицы печатаются на отдельной странице каждая, кегль 12, через 2 интервала. Нумеруются по порядку упоминания их в тексте арабскими цифрами. После номера должно следовать название таблицы. Все графы в таблицах должны иметь заголовки и быть разделены вертикальными линиями.

Иллюстрации предоставляются в 2 экз. распечатки отдельно от текста статьи (на обороте каждой иллюстрации карандашом следует указать номер рисунка и фамилии авторов) и на отдельном CD-диске. На иллюстрациях следует избегать лишних деталей и надписей (надписи рекомендуется заменять цифрами или буквами, разъяснение которых дается в подрисуночных подписях или в тексте). Линии на рисунках должны быть четкими (5–6 рix). Ширина рисунков не должна превышать 180 мм, высота – 240 мм. Шрифт буквенных и цифровых обозначений на рисунке Times New Roman (9–10-й кегль). Рисунки должны быть черно-белыми, рекомендуется применять разные типы штриховки (с размером шага, позволяющим дальнейшее уменьшение). Фото (2 экземпляра) должны быть черно-белыми, контрастными.

Подрисуночные подписи представляются на отдельной странице, кегль 12, через 2 интервала.

Статьи принимаются на географическом факультете в комнате 2108а. Тел. 8-495-939-29-23.

Электронный адрес редколлегии:

<http://geogrmsu.epub.ru>

Плата за публикацию не взимается.