

Вестник Московского университета

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 1946 г.

Серия 5

ГЕОГРАФИЯ

№ 2 • 2013 • МАРТ — АПРЕЛЬ

Издательство Московского университета

Выходит один раз в два месяца

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология

- Кузнецова О.В. Типология факторов социально-экономического развития регионов России. 3
- Голубев В.Н. Формирование ледового покрова на пресноводных водоемах и водотоках. 9

География и экология

- Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н., Савенко А.В., Харитонов Т.И. Геохимическая трансформация постмелиорированных ландшафтов . . . 17

Региональные исследования

- Добролюбов С.А., Климчук Е.И. Свердруповский перенос вод в Северной Атлантике 25
- Краюшкин Е.В., Демидов А.Н. Глобальное изменение термохалинных характеристик промежуточных, глубинных и донных водных масс в Южной Атлантике 32
- Поротов А.А., Мысливец В.И., Зинько В.Н., Зинько А.В., Гайнанов В.Г., Зверев А.С. Развитие рельефа побережья Керченского пролива в районе мыса Камыш-Бурун в позднем голоцене (по данным георхеологических и сейсмоакустических исследований). 41
- Гуринов А.Л., Лукашов А.А., Рогов В.В. Особенности разрушения (выветривания) гранитов Забайкалья 49
- Антонов Е.В., Денисов Е.А., Ефремова В.А., Фаддеев А.М. Современные проблемы развития убывающих городов на северо-востоке Республики Коми 55
- Савоскул М.С., Мозгунов Н.А., Пивовар Г.А. Социально-экономическая трансформация малых городов Нечерноземья (на примере Калужской области). 62

Юбилеи

- Юбилей Натальи Андреевны Володичевой 68
- Юбилей Тамары Алексеевны Яниной 69
- 90-летие Георгия Ивановича Рычагова 70
- 75-летие Валериана Афанасьевича Снытко. 71
- 60-летие Сергея Ивановича Болысова 72
- 60-летие Юрия Кирилловича Васильчука. 73

Хроника

- Рыбальский Н.Г., Тикунов В.С. Форум “Арктика — территория диалога”. 74

Новые книги

- Кислов А.В. Учебное пособие по геохимии стабильных изотопов атмосферы и гидросферы. 76

CONTENTS

Theory and methodology

- Kuznetsova O.V. Typology of factors governing the social-economic development of Russian regions 3
Golubev V.N. Formation of ice cover on fresh-water reservoirs and water courses 9

Geography and ecology

- Avessalomova I.A., Dyakonov K.N., Savenko A.V., Kharitonova T.I.
Geochemical transformation of post-ameliorative landscapes 17

Regional studies

- Dobrolyubov S.A., Klimchuk E.I. Sverdrup transport in the North Atlantic . . . 25
Krayushkin E.V., Demidov A.N. General changes of thermohaline parameters of intermediary and bottom water masses in the South Atlantic 32
Porotov A.A., Myslivets V.I., Zinko V.N., Zinko A.V., Gainanov V.G., Zverev A.S. Evolution of coastal relief of the Kerch Strait (the Kamysh-Burun Cape area) during the Late Holocene (according to geoarchaeological and acoustic survey data) 41
Gurinov A.L., Lukashov A.A., Rogov V.V. Specific features of granite weathering in the Transbaikal region 49
Antonov E.V., Denisov E.A., Efremova V.A., Faddeev A.M. Actual problems of urban shrinkage development in the north-west of the Komi Republic . . . 55
Savoskul M.S., Mozgunov N.A., Pivovarov G.A. Social-economic transformation of small towns of the Non-Chernozem region (case study of the Kaluga oblast) . . 62

Jubilees

- Jubilee of Natalia Andreevna Volodicheva 68
Jubilee of Tamara Alexeevna Yanina 69
To the 90th birthday of Georgy Ivanovich Rychagov 70
To the 75th birthday of Valerian Afanasievich Snytko 71
To the 60th birthday of Sergei Ivanovich Bolysov 72
To the 60th birthday of Yuri Kirillovich Vasilchuk 73

Chronicle

- Rybalsky N.G., Tikunov V.S. Forum “The Arctic — Territory of Dialogue” 74

New books

- Kislov A.V. Manual on the geochemistry of stable isotopes in the atmosphere and hydrosphere 76

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ

УДК 911.9

О.В. Кузнецова¹

ТИПОЛОГИЯ ФАКТОРОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ

Рассмотрены факторы социально-экономического развития регионов России, была поставлена задача — учесть многообразие этих факторов с выстраиванием их иерархии. На основе обобщения предыдущих исследований по анализу закономерностей и факторов регионального развития, их типологии автором предложена модель пирамиды факторов, аналогичная пирамиде потребностей по Маслоу.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие регионов, факторы регионального развития, региональная политика федеральных властей.

Введение. Среди работ по социально-экономической географии особое место занимают исследования, посвященные объяснению закономерностей развития экономики и социальной сферы регионов (при этом в термин “регион” может вкладываться разный смысл, но чаще всего в современных российских исследованиях речь идет о субъектах Российской Федерации). При этом, как представляется автору, с пониманием факторов регионального развития сложилась неоднозначная ситуация. С одной стороны, исследователи довольно хорошо представляют себе набор факторов регионального развития, есть работы по оценке влияния отдельных факторов на различия между регионами по уровню и динамике их развития. С другой стороны, нет общепринятых представлений о том, какие из этих факторов ключевые, а какие второстепенные. Систематизация факторов регионального развития, выстраивание их иерархии важно и для решения прикладных задач (например, для разработки стратегических и программных документов регионального развития), и для учебного процесса, в рамках которого необходимо формирование четкой картины складывающихся различий между регионами по уровню и динамике их развития. Автор предлагает свой взгляд на систему факторов социально-экономического развития регионов. Задача заключается в том, чтобы попытаться охватить все многообразие факторов регионального развития (конечно, в самом общем виде) и вместе с тем упорядочить это многообразие.

Постановка проблемы. Факторы регионального развития. Рассмотрим опыт теоретических и прикладных исследований на тему факторов регионального развития, причем как в социально-экономической географии, так и в смежной с ней региональной экономике. Спектр существующих подходов, на взгляд автора, достаточно очевиден.

Исследования, посвященные объяснению закономерностей социально-экономического развития регионов, можно разделить на три группы (не считая работ, посвященных анализу отдельных факторов регионального развития, а не всей их совокупности). Первая группа работ — это фундаментальные теоретические исследования, направленные на построение теорий регионального роста, общих моделей регионального развития. К этой группе можно отнести работы, касающиеся теорий центропериферийных отношений и кумулятивного роста (связанные с работами Ж.-Р. Будвиля, Г. Мюрдала, Ф. Перру, П. Потье, Дж. Фридмана, Т. Хэгерстранда и др.), пространственного равновесия, “новой экономической географии” П. Кругмана. Теоретические изыскания по этой проблеме были начаты за рубежом (в Советском Союзе выявление закономерностей социально-экономического развития регионов в рыночной экономике не имело прикладного значения), но уже получили широкую известность в России и развиваются применительно к российским реалиям как в географии, так и экономике [1, 2, 4, 7, 8].

В теоретических моделях регионального развития заведомо нельзя учесть все многообразие факторов социально-экономического развития регионов. Многие модели базируются на таких допущениях и упрощениях, которые делают крайне ограниченной их практическую значимость при интерпретации причин складывающихся межрегиональных различий в уровне и динамике социально-экономического развития России. Но есть и вполне жизненные теории, прежде всего центропериферийных отношений, причем они нередко иллюстрированы российскими примерами. У теоретических работ есть одно важное достоинство: их авторы неизбежно стремятся выделить ключевые закономерности и, следовательно, факторы регионального развития.

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

Вторая группа исследований, касающихся факторов территориального развития, — работы в рамках социально-экономической географии, связанные с анализом факторов развития регионов и не претендующие при этом на построение теорий и моделей. Преимущество указанных экономико-географических работ по сравнению с работами по построению теоретических моделей заключается в том, что их авторы стремятся охватить если не исчерпывающий, то по возможности максимально широкий набор факторов, а недостаток — в отсутствии количественных оценок вклада разных факторов в формирование закономерностей территориального развития. Такие работы выполнялись непосредственно на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, в Независимом институте социальной политики [9, 10].

Среди работ, которые можно отнести к географии, выделяется исследование Всемирного банка “Доклад о мировом развитии 2009: Новый взгляд на экономическую географию” [15]. В этом докладе говорится о существовании трех базовых факторов территориального развития (*density, distance, division*, или 3D), что в русской версии доклада звучит как плотность, расстояние, разобщенность. Н.В. Зубаревич предлагает более широкую трактовку этих факторов: *density* — пространственная концентрация населения и эффект масштаба; *distance* — экономическое расстояние, обусловленное как географическим положением, так и инфраструктурой; *division* — институциональные барьеры в широком смысле [3]. Исследование Всемирного банка — это попытка выделить ключевые факторы социально-экономического развития территорий, однако доклад посвящен странам, и в полной мере к российским регионам его применить нельзя (в том числе и в силу отсутствия учета всей совокупности факторов регионального развития).

Совместить учет множества факторов с оценкой их вклада в социально-экономическое развитие регионов пытаются в рамках третьей группы исследований, которая касается построения эконометрических моделей. Такие работы, например, неоднократно проводились в Институте экономической политики имени Е.Т. Гайдара [12, 13]. Результаты таких исследований во многом полезны и интересны, но, как и следовало ожидать, для многих регионов значительную часть составляет необъясненная доля роста ВРП. Кроме того, многие факторы социально-экономического развития регионов невозможно или крайне сложно оценить количественно, поэтому они в принципе не могут быть учтены в эконометрических построениях. Таким образом, сформировать целостное представление о закономерностях регионального развития невозможно и с помощью эконометрических моделей.

Материалы и методы исследования. Типология факторов, “плавающие” признаки и пирамида Маслоу. Итак, в работах, рассматривающих факторы социально-экономического развития регионов, не удается, с одной стороны, совместить учет всего многообразия факторов, с другой — выделить ключевые факторы хотя бы

с качественной оценкой вклада разных факторов в региональное развитие. Для решения этой задачи обратимся к методическим разработкам по трем направлениям.

Первое направление — типологии факторов социально-экономического развития регионов. В настоящее время ряд географических работ опирается на выделенные П. Кругманом факторы пространственного развития “первой природы” и “второй природы” [14]. Факторами “первой природы”, которые не зависят от человека, П. Кругман предложил считать богатство природными ресурсами и выгодное географическое положение. Факторами “второй природы”, в значительной степени зависящими от деятельности общества и государства, — агломерационный эффект, человеческий капитал и пр. Подобное разделение факторов важно с точки зрения выявления их зависимости или независимости от деятельности людей. Если факторы регионального развития не зависят от общества или государства, то их надо принимать как априори заданные и учитывать, например, в государственной региональной политике. Если же факторы зависят от людей, то на них можно воздействовать и улучшать их для обеспечения социально-экономического развития территорий.

В то же время предложенное П. Кругманом отношение отдельных факторов к факторам “первой” или “второй природы” по меньшей мере небесспорно, так как географическое положение может быть существенно изменено в результате целенаправленной государственной политики, например благодаря строительству транспортной инфраструктуры, развитию международных отношений (интеграционные объединения “стирают” границы) и др. Агломерационный эффект, напротив, хотя и связан с деятельностью людей, практически не поддается регулированию, и в силу этого его можно рассматривать, скорее, как такую же объективную данность, как и природные ресурсы. Поэтому автор считает корректнее предложенное российскими географами деление факторов социально-экономического развития регионов на “объективные” и “субъективные” [9].

“Объективными” факторами было предложено считать место региона в общей системе территориальной организации страны (общества), тип освоения и уровень развития региона, его экономико-географическое положение, природные условия и ресурсы, население и расселение, структуру, уровень развития и особенности хозяйства региона. “Субъективные” факторы — это государственная и муниципальная социально-экономическая политика, которую, представляется, принципиально важно выделять в отдельный фактор регионального развития.

Второй методический подход, важный для понимания закономерностей социально-экономического развития регионов и объясняющий провалы эконометрических моделей, — это использование так называемых плавающих признаков, т.е. отказ от идеи, что для всех регионов важен один и тот же набор фак-

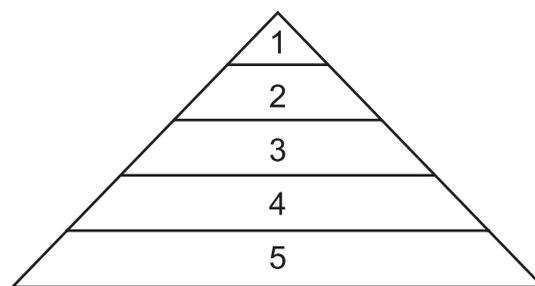
торов социально-экономического развития (а именно из этого исходят в эконометрических работах). Важность этого подхода была показана Л.В. Смирнягиным в его известной работе по районированию США [11]. В полной мере идею “плавающих признаков” можно применить и к российским регионам. Ее суть состоит в том, что для разных регионов важен разный набор факторов их развития.

Наконец, для прояснения ситуации с факторами регионального развития можно заимствовать получившую широкую известность графическую модель, которую принято называть “пирамидой потребностей по Маслоу” (именно принято называть, поскольку ни идея иерархии потребностей, ни собственно их графическое изображение в виде пирамиды Маслоу не принадлежат). Суть сложившихся представлений об иерархической модели потребностей человека состоит в том, что эти потребности распределяются по возрастанию, и человек далеко не всегда испытывает потребности более высокого уровня, нуждаясь в более примитивных вещах (например, не может думать о самовыражении при элементарном отсутствии еды), хотя желание удовлетворить потребности более высокого уровня может возникать и в тех случаях, когда потребности более низкого уровня удовлетворены еще не полностью.

На взгляд автора, с факторами социально-экономического развития регионов ситуация аналогичная, т.е. можно построить их иерархическую модель, причем базовая пирамида факторов регионального развития, как и так называемая пирамида Маслоу, построена с 5 уровнями (рисунок).

Пирамида факторов регионального развития означает, что есть факторы базовые и более сложные, которые начинают играть свою роль, когда базовые достаточно благоприятны для развития экономики. Вместе с тем в ряде случаев неблагоприятность базовых факторов может быть тем или иным образом преодолена.

Результаты исследований и их обсуждение. Пирамида факторов регионального развития. Природно-климатические условия и ресурсы. На первом месте в предложенной пирамиде факторов стоят природно-климатические условия и ресурсы. Автор не придерживается географического детерминизма, однако природно-климатические условия нельзя не учитывать. Во-первых, для проживания населения эти условия должны быть достаточно благоприятными (можно возразить, что даже в суровых природно-климатических условиях живут люди и ведется экономическая деятельность, но все-таки не везде, например, высоко в горах населения нет). Во-вторых, даже если в суровых природно-климатических условиях возможна экономическая деятельность, существует конкуренция регионов. И граждане и предприниматели для проживания и ведения хозяйственной деятельности выбирают более благоприятные условия. Исключение — наличие природных ресурсов, разработка которых определяется не только и не столько климатическими



Пирамида факторов регионального развития: 1 — “субъективные” факторы, 2 — уровень развития и структура экономики, 3 — обеспеченность инфраструктурой, 4 — система расселения и демографические характеристики, 5 — природно-климатические условия и ресурсы

условиями, сколько наличием самих ресурсов (поэтому в пирамиде природные ресурсы стоят на одном уровне вместе с природно-климатическими условиями).

Сказанное хорошо иллюстрируется на примере российских северных регионов, где возникают сложности не только с развитием сельского хозяйства, но и всех остальных отраслей экономики, включая промышленность. В северных условиях существенно выше издержки на строительство, содержание зданий (в силу более суровых климатических условий), на заработную плату работникам из-за более высокой стоимости жизни (жилищно-коммунальные услуги, продукты питания). В результате в промышленности северных регионов развиваются в основном добыча полезных ископаемых и производство потребительских товаров для местных нужд (часто произвести продукцию на месте оказывается дешевле, чем завозить ее из других регионов). Производство продукции обрабатывающих отраслей промышленности на внешние рынки (рынки других регионов или стран) не развивается или развивается крайне слабо, поскольку инвесторы предпочитают выбирать более южные регионы, где их издержки будут ниже.

Кроме того, вряд ли можно говорить о наличии прямой зависимости между климатическими условиями и темпом экономического роста, скорее важны некоторые пороговые значения.

Система расселения и демографические характеристики. Следующий уровень в пирамиде факторов социально-экономического развития регионов — сложившаяся система расселения. Как отмечено выше, в региональной науке сформировались теоретические представления о центропериферийных закономерностях развития регионов. Считается, что экономический рост концентрируется в крупных городах (точках роста или полюсах развития) благодаря повышенной емкости потребительского рынка, более высокому уровню развития различных видов инфраструктуры (транспортной, социальной, рыночной и др.), сосредоточению высших ученых заведений и научно-исследовательских центров, выполнению сервисных функций. Остальные территории развиваются за счет так называемой диффузии нововведений (инноваций),

т.е. положительного влияния крупных городов. Ради экономии на издержках производства предприятия размещаются не в самих городах, а вблизи них; около городов развиваются также пригородное сельское хозяйство и рекреация; чем крупнее город, тем на большую территорию вокруг него распространяется диффузия нововведений.

Таким образом, из теории центропериферийных отношений следует, что если на территории региона нет крупных экономических центров, он заведомо обречен на определенное отставание в социально-экономическом развитии. Для равномерного развития территории страны должно быть довольно равномерное и плотное размещение крупных городов (чего нет в восточной части России).

В системе расселения важна и плотность населения: чем она выше, тем выше емкость потребительского рынка, ниже транспортные издержки на доставку готовой продукции. К этой же группе факторов можно отнести и демографические характеристики региона, не связанные с уровнем социально-экономического развития, например обусловленный национальными традициями высокий уровень рождаемости. Так, в целом для России, безусловно, стоит задача повышения рождаемости хотя бы ради решения проблемы трудовых ресурсов. Однако для отдельных регионов очень высокий уровень рождаемости может быть не преимуществом, а проблемой, поскольку темп создания рабочих мест может не успевать за темпом роста населения. Так происходит в республиках Северного Кавказа, в отношении которых еще в советские времена появился термин «аграрная перенаселенность».

Обеспеченность инфраструктурой. Система расселения сложилась и зависит от природно-климатических условий и ресурсов (поэтому она стоит на втором уровне пирамиды), а от системы расселения в свою очередь зависит формирование инфраструктурной сети. Вместе с тем развитие инфраструктуры происходит во многом самостоятельно по отношению к системе расселения, и уровень обеспеченности инфраструктурой становится самостоятельным фактором социально-экономического развития регионов.

Недостаточный уровень развития инфраструктуры нередко является лимитирующим фактором экономического роста. В ряде российских регионов существует неразвитость инфраструктуры (транспортная изолированность регионов, отсутствие железных, автомобильных дорог и развитой энергетики и пр.). Такая ситуация характерна для восточной части страны, где отмечена незавершенность формирования транспортного каркаса, связывающего территории есть территории, с немалой численностью населения, не имеющие выхода в транспортную сеть страны (отсутствует железнодорожное сообщение со значимыми для востока страны городами). В ряде регионов, особенно в крупнейших городских агломерациях, уровень развития инфраструктуры отстает от потребностей социально-экономического развития. Эта проблема наглядно проявляется в столичной агломерации, где

одновременно перегружены и общественный транспорт, и дороги для проезда личного автотранспорта, отмечен дефицит электроэнергии, недостаточен темп жилищного строительства. В более плотно заселенной западной части страны существует объективная потребность в росте объема автоперевозок, что сталкивается с недостаточной пропускной способностью и невысоким качеством автомобильных дорог.

Уровень развития инфраструктуры как ограничитель социально-экономического развития ярко проявляется на внутрорегиональном уровне, когда инвесторы не приходят в периферийные регионы из-за их низкой транспортной доступности. Ограничителем развития может выступать и невысокий уровень развития социальной инфраструктуры, поскольку квалифицированные специалисты часто не хотят работать в регионах с плохим качеством жизни.

Уровень развития и структура экономики. Следующий уровень в пирамиде факторов регионального развития связан с экономикой, которая, безусловно, привязана к сложившейся системе расселения и инфраструктуры. В экономике важны как достигнутый уровень ее развития в целом, так и ее структура, в частности, низкий стартовый уровень экономического развития ограничивает экономический рост регионов, что в первую очередь проявляется в дефиците внутренних инвестиционных ресурсов. Убыточность предприятий региона, их небольшой масштаб не позволяют аккумулировать достаточные ресурсы для реализации значимых инвестиционных проектов. Возможности для развития малого бизнеса также ограничены из-за отсутствия достаточных средств у населения как на организацию собственного бизнеса, так и на оплату услуг малых предприятий. Кроме того, низкий стартовый уровень развития проявляется в недостаточно высоком качестве профессионального образования, научных исследований, высокотехнологичных производств.

Неменьшее значение имеет отраслевая структура экономики. Нередко экономический рост в регионах является региональной проекцией отраслевых темпов роста: если регион специализируется на отраслях с благоприятной экономической конъюнктурой, ситуация в нем также благополучна и наоборот. Узкая специализация региона, с одной стороны, ведет к неустойчивости экономического развития, с другой — за короткий срок может способствовать процветанию региона. Сказанное справедливо в отношении российских сырьевых регионов. В силу экспортной ориентированности многих сырьевых производств (прежде всего добычи топливно-энергетических ресурсов, металлургического производства) специализирующиеся на них субъекты РФ попадают в число наиболее экономически развитых в России.

В социально-экономической географии важное место отводится такому фактору регионального развития, как экономико-географическое положение (ЭГП). Автор выделяет его в качестве самостоятельного в пред-

лагаемой пирамиде факторов регионального развития, поскольку ЭГП — это во многом именно место в системе расселения и инфраструктурной сети, сложившийся уровень развития экономики, но в соседних регионах. ЭГП можно оценивать как благоприятное при близости к крупным экономическим центрам и емким рынкам сбыта продукции, при приморском положении (морской транспорт остается самым дешевым, поэтому морские порты активно развиваются благодаря непосредственно портовой деятельности, а также размещению производств, связанных с завозом импортных комплектующих и/или поставкой продукции на экспорт), приграничном положении в случае соседства с экономически развитыми странами, которые становятся источниками инвестиций. Неблагоприятное экономико-географическое положение, напротив, характеризуется удаленностью (или даже оторванностью) от основных рынков сбыта продукции, глубинным положением внутри страны, удаленностью от ее внешних границ или приграничным положением (в случае соседства со странами с низким уровнем экономического развития).

В пирамиде факторов регионального развития, как и в пирамиде Маслоу, возможно замещение факторов низкого иерархического уровня факторами более высокого уровня. Например, если в силу определенных исторических событий высокий уровень экономического развития сложился в регионах с относительно неблагоприятными природно-климатическими условиями, с не самой развитой инфраструктурой, то наличие в таком регионе внутренних ресурсов может позволить ему развиваться довольно высоким темпом. Инвестиции в таком регионе могут осуществляться хотя бы в силу того, что он “родной” для инвесторов.

“Субъективные” факторы, включая политику государства. Итак, на нижние уровни пирамиды факторов регионального развития автор поместила так называемые объективные факторы. В каждом российском регионе складывается определенное их сочетание, которое во многом объясняет сложившуюся картину дифференциации регионов по уровню и динамике развития. Обобщая сказанное, можно сказать, что ускоренный темп экономического роста характерен прежде всего для крупных городов (городских агломераций), богатых природными ресурсами территорий, приморских регионов (которые в условиях формирования открытой экономики России становятся ее “воротами” для внешних связей). Более низкий темп экономического роста восточных регионов страны по сравнению с западными обусловлен существенно большими транспортными издержками, связанными с более низкой плотностью населения, удаленностью от основных рынков сбыта страны, менее развитой транспортной инфраструктурой, а в регионах Сибири — с удаленностью от внешних рынков сбыта, а также в целом с более сложными природно-климатическими условиями, что ведет к более высо-

ким издержкам, и менее выгодным соседством с зарубежными странами.

На верхнем уровне пирамиды факторов социально-экономического развития регионов помещены “субъективные” факторы, включая социально-экономическую политику государства в самом широком понимании. По мнению автора, “субъективные” факторы начинают играть ключевую роль при объяснении закономерностей социально-экономического развития регионов только в том случае, когда сравниваются территории с более или менее схожими “объективными” факторами развития. Если в современной России сравнить любую пару территорий из сырьевого и несырьевого регионов, то независимо от качества социально-экономической политики региональных властей сырьевой регион будет иметь заведомо более высокий уровень ВРП на душу населения (следовательно, и более высокий уровень доходов населения, налоговых поступлений в региональные бюджеты и т.д.). (Исключение — только две столичные агломерации, но и в этом случае очевидна решающая роль именно фактора столичности.)

Неэффективная инвестиционная политика региональных властей часто не отталкивает предпринимателей от таких субъектов РФ, а лишь повышает цену входа в них, которая сполна компенсируется объективными преимуществами. Напротив, никакая самая эффективная инвестиционная политика властей субъекта РФ не поможет привлечь в регион сырьевую компанию при отсутствии соответствующих природных ресурсов или крупную компанию сектора услуг (розничная сеть, банк) при отсутствии достаточного числа потенциальных потребителей [6].

Инвестиционная политика региональных властей однозначно играет решающую роль в тех случаях, когда инвестор выбирает из нескольких подходящих для своего инвестиционного проекта площадок, т.е. как раз среди регионов со схожими объективными факторами развития [5]. Власти регионов, конечно, отчасти могут компенсировать негативные факторы инвестиционной привлекательности, но для этого требуются существенные и далеко не всегда оправданные вложения из региональных бюджетов.

Еще один пример замещения факторов регионального развития более низкого иерархического уровня фактором более высокого уровня — активная федеральная региональная политика. Федеральная региональная политика — тот фактор, который может позволить развиваться регионам и при недостаточно благоприятных объективных условиях. Этого можно добиться двумя способами: первый способ — вложение бюджетных средств в улучшение объективных факторов, прежде всего инвестиций в развитие инфраструктуры, второй — компенсация негативных факторов мерами экономической политики, например с помощью налоговых льгот. Пониженный уровень налоговой нагрузки может компенсировать повышенные издержки предпринимателей, обусловленные объективными факторами. Именно так произошло

в Калининградской области, оторванность которой от остальной территории России компенсировали с начала 1990-х гг. режимом свободной таможенной зоны. В 2013 г. принято решение о предоставлении налоговых льгот инвесторам в восточных регионах.

Выводы:

— для объяснения закономерностей социально-экономического развития регионов предложена иерархическая модель факторов регионального развития, или пирамида факторов. Эта модель субъективная, авторская, но именно так можно представить более или менее полную общую картину факторов, обуславливающих дифференциацию регионов по уровню и динамике их развития;

— с прикладной точки зрения предложенный подход к иерархии факторов социально-экономического развития регионов позволяет сделать важные выводы в отношении федеральной региональной политики в России. Во-первых, эта политика не может сводиться к созданию стимулов для повышения эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Повышение качества управления в регионах — задача, безусловно, очень важная, но при доминирующей роли объективных факторов социально-экономического развития

регионов добиться снижения межрегиональных диспропорций не удастся;

— предложенная пирамида факторов позволяет ответить на вопрос о целесообразности проведения региональной политики “сверху” или “снизу”, иначе говоря, на вопрос о том, в какой степени должны быть децентрализованными решения о стимулировании экономического развития регионов и нужна ли в принципе региональная политика федеральных властей;

— региональная политика “снизу” приобретает особую актуальность тогда, когда ключевое значение в региональном развитии начинают играть такие “субъективные” факторы, как инновативность населения. В этом случае именно на низовых уровнях власти проще понять, что сдерживает предпринимательскую активность населения и как ее можно поддержать. В тех ситуациях, когда экономический рост сдерживается, например, отсутствием самой необходимой инфраструктуры, на создание которой средств регионального бюджета заведомо не хватит, необходимо вмешательство федеральных властей. В общем случае региональная политика нужна при огромных контрастах в объективных базовых факторах регионального развития, и именно такая ситуация имеет место в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: ГУ ВШЭ, 2000.
2. Грицай О.В., Иоффе Г.В., Трейвиш А.И. Центр и периферия в региональном развитии. М.: Наука, 1991.
3. Зубаревич Н.В. Региональное развитие и институты: российская специфика // Региональные исследования. 2010. № 2. С. 3—14.
4. Кузнецова О.В. Экономическое развитие регионов: теоретические и практические аспекты государственного регулирования. М.: Эдиториал УРСС, 2002.
5. Кузнецова О.В. Новгородская и Псковская области: экономическое положение и факторы развития // Вопросы экономики. 1998. № 10. С. 17—27.
6. Кузнецова О.В., Кузнецов А.В., Туровский Р.Ф., Четверикова А.С. Инвестиционные стратегии крупного бизнеса и экономика регионов / Под ред. О.В. Кузнецовой. М.: Изд-во ЛКИ, 2007.
7. Мельников Р.М. Теоретические основы регулирования регионального развития: зарубежные подходы и возможность их использования в российских условиях. М.: Изд-во РАГС, 2007.
8. Михеева Н.Н. Региональная экономика и управление. Хабаровск: Изд-во РИОТИП, 2000.
9. Предпринимательский климат регионов России. География России для инвесторов и предпринимателей. М.: Начала-ПРЕСС, 1997.
10. Россия регионов: в каком социальном пространстве мы живем? М.: Поматур, 2005.
11. Смирнягин Л.В. Районы США: портрет современной Америки. М.: Мысль, 1989.
12. Факторы экономического роста в регионах РФ. М.: ИЭПП, 2005.
13. Экономико-географические и институциональные аспекты экономического роста в регионах. М.: ИЭПП, 2007.
14. Krugman P.R. Geography and Trade. Cambridge: MIT Press, 1991.
15. World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography / The World Bank. Washington, 2009.

Поступила в редакцию
12.11.2013

O.V. Kuznetsova

TYPOLOGY OF FACTORS GOVERNING THE SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT OF RUSSIAN REGIONS

Factors governing the social-economic development of Russian regions are discussed with the aim to take account of their diversity and arrange them hierarchically. Systematization of available analytical data on the regularities and factors of regional development and their typology made it possible to suggest a model of a pyramid of factors similar to the Maslow's hierarchy of needs.

Key words: social-economic development, regions, factors of regional development, regional policy of federal authorities.

УДК 556.555.5+551.32

В.Н. Голубев¹**ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ И ВОДОТОКАХ²**

Охарактеризована роль состояния поверхности водоема (спокойное или динамичное), сопутствующих гидрометеорологических явлений и процессов, источника поступления центров кристаллизации в зарождении и разрастании льда и в строении поверхностного слоя ледового покрова. На основе систематизации термодинамических условий формирования ледового покрова, материалов натурных наблюдений и аналитических исследований выделены три основных типа структуры поверхностного слоя ледового покрова. Показано, что изменения строения льда в нижележащих горизонтах определяются вариациями термодинамических условий на поверхности покрова и суперпозицией анизотропии теплопроводности и анизотропии скорости роста кристаллов льда.

Ключевые слова: вода, переохлаждение, кристаллизация, лед, рост, теплопроводность, структура.

Введение. Замерзание воды на поверхности водоемов и водотоков в холодный период года и вызванные этим явлениями изменения режима стока, заторы льда, зажоры, разрушение ледоходом береговых откосов и пр. — предмет изучения гидрологии, гидротехники, а в вопросах зарождения, роста, деформирования и разрушения льда — и гляциологии.

Формирование ледового покрова на поверхности водоемов и водотоков происходит обычно в условиях постепенного охлаждения воды и пограничного слоя вмещающей среды, а высокая теплоемкость воды определяет ее термическую инерционность относительно среды, что характерно и для других проявлений конжеляционного льдообразования и предполагает наличие общих закономерностей в формировании ледяных тел [6, 11]. Исследования режима становления и разрушения ледового покрова на реках и водоемах Северного полушария позволили сформировать базы данных [21, 23, 27], создать классификации типов ледового покрова [19, 28], охарактеризовать пространственно-временные особенности процессов формирования и разрушения ледового покрова [12, 15, 24, 25, 30] и предложить методы борьбы с ледовыми затруднениями, заторами льда и шугообразованием [16, 20].

Постановка проблемы. В классификациях ледового покрова водоемов в качестве ведущего показателя обычно рассматривается строение льда, а именно размеры, форма и ориентировка кристаллов в его основной части, “вторичной” по [28]. Однако эти показатели строения обычно не соотносят с термодинамическими условиями, сопутствовавшими зарождению кристаллов льда на поверхности водоема и их последующему росту, вследствие чего сведения о строении

льда фактически носят характер регистрации и не рассматриваются в дальнейшем в качестве возможного источника информации об условиях становления ледового покрова и условиях его роста. Вместе с тем положение о наследовании основной частью ледового покрова особенностей строения поверхностного слоя, заложенных еще при его формировании, т.е. от термодинамических условий зарождения льда, хотя и представляется достаточно очевидным, но нуждается в определенном физическом обосновании. Необходимо также проанализировать и изменения строения ледового покрова на стадии продолжающегося роста кристаллов, обусловленные вариациями зимнего термического режима и закономерностями роста кристаллов льда.

Переохлаждение поверхностного слоя воды перед появлением ледового покрова обычно не превышает десятых долей градуса, достигая лишь в отдельных случаях $-1,5...-5$ °C [2, 4, 6, 12, 17]. При таком малом переохлаждении воды формирование ледового покрова возможно лишь в результате гетерогенного зарождения льда на механических примесях, имеющих высокую льдообразующую активность и находящихся в пределах тонкого слоя переохлаждения, в том числе на ледяных кристаллах, поступающих извне в поверхностный слой воды, имеющий температуру, близкую к точке фазового перехода.

Источником механических примесей могут служить твердый атмосферный аэрозоль, который составляют минеральные частицы, поступающие в атмосферу в результате эоловой и вулканической деятельности, частицы органического происхождения, а также продукты размыва пород, слагающих берега водоемов [4, 8, 13]. К ведущим факторам гетерогенного льдообра-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория снежных лавин и селей, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: golubev@geol.msu.ru

² Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РГО-РФФИ (грант № 13-05-41172).

зования относятся размеры, строение, химический и минеральный состав частиц и наличие на их поверхности микронеоднородностей, способных служить активными центрами кристаллизации. Согласно представлениям о распределении таких неоднородностей на поверхности твердых тел по их размерам и морфологии увеличение размера частицы на порядок ведет к появлению на ее поверхности более активных неоднородностей, вследствие чего возрастает ее льдообразующая активность — температура зарождения льда повышается в среднем на 5—10 °С [4, 9].

Значения порогового переохлаждения при зарождении льда на твердых телах (ΔT_0) рассчитываются для скорости зародышеобразования J_0 , равной возникновению одного зародыша в неоднородности размером $V = 10^{-18} \text{ см}^3$ за $\tau_0 = 1 \text{ с}$ [4, 22]. Скорость оседания механических примесей с диаметром 10^2 — 10^5 нм и плотностью 2—2,5 г/см³ составляет согласно уравнению Стокса, 1 — 10^{-6} см/с , а время пребывания их в слое толщиной 1 мм (τ_i) достигает 1—30 ч. для глин и сокращается до 1—30 с для алевритов. Соответственно скорость оседания аэрозольных частиц и толщина слоя переохлаждения определяют время пребывания ее в слое (τ_i), а величина переохлаждения (ΔT_τ) — возможность зарождения льда на оседающей частице за соответствующий промежуток времени и разрастания его до размеров, обеспечивающих прекращение оседания частицы.

Материалы и методы исследований. Условия зарождения льда на поверхности водоемов. Переохлаждение ΔT_τ , необходимое для зарождения льда за время τ_i , в общем случае отличается от переохлаждения ΔT_0 , соответствующего зародышеобразованию со скоростью $J_0 = 1 \text{ см}^{-3}\text{с}^{-1}$ и может быть представлено выражением [9]

$$\Delta T_\tau = \Delta T_0 [1 - 0,1 \ln (\tau_0/\tau_i)]^{-0,5}. \quad (1)$$

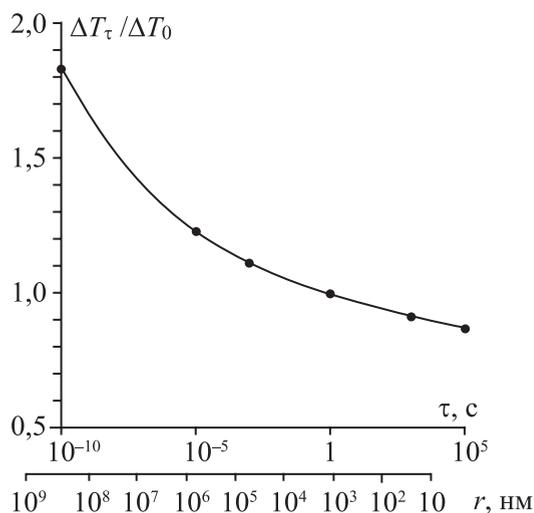


Рис. 1. Зависимость необходимого переохлаждения воды от размера аэрозольных частиц и времени их нахождения в слое переохлаждения

На рис. 1 приведен график соотношения $\Delta T_\tau / \Delta T_0$ и времени пребывания частицы в слое переохлаждения (τ_i) согласно (1). При увеличении τ_i на 10 порядков (от 10^{-5} до 10^5 с), что соответствует уменьшению размера частицы на 5 порядков (от 10^5 до 10 нм), соотношение $\Delta T_\tau / \Delta T_0$ изменяется от 1,23 до 0,87. Однако и такое повышение температуры возникновения льда, обусловленное более длительным пребыванием мелких частиц в слое переохлаждения, компенсируется отсутствием на их поверхности более активных неоднородностей. Так, при уменьшении размера частицы от 10^4 до 10^3 нм и соответствующем увеличении τ_i повышение температуры зарождения льда должно составлять около 1 °С, однако отсутствие на частице меньшего размера более активных неоднородностей будет вести к понижению температуры зарождения льда более чем на 6 °С. Иначе говоря, уменьшение размера частицы на порядок вызывает возрастание необходимого переохлаждения воды не менее чем на 5 °С. Поэтому частицы размером $<10^3 \text{ нм}$ едва ли могут служить активными центрами кристаллизации, несмотря на длительное пребывание их ($>1 \text{ мин.}$) в слое переохлаждения.

На крупных и гигантских минеральных частицах размером $>10^5 \text{ нм}$ формирование макроскопических кристаллов льда также проблематично, поскольку в силу кратковременности пребывания таких частиц в поверхностном слое ($\tau_i < 10^{-3} \text{ с}$) возникшие на них зародыши не успевают вырасти до размеров, достаточных для удержания частицы в слое переохлаждения. Поэтому в удаленной от берега части водоема зарождение льда в переохлажденном поверхностном слое может происходить в основном на частицах с $D = 10^4$ – 10^5 нм . Диапазон активности может расширяться как в область крупных частиц с $D > 10^5 \text{ нм}$ в случае их малой плотности (например, древесина), так и в область мелких частиц с $D < 10^4 \text{ нм}$, но при условии более высоких значений показателя активации льдообразования ($m > 0,5$) [4, 8].

Результаты исследований и их обсуждение. Формирование поверхностного слоя ледового покрова. При переохлаждении $\Delta T > 0,1 \text{ °С}$ разрастание возникших кристаллов льда происходит за счет тонких (10^{-3} — 10^{-2} см) дендритных выростов в направлении пирамидальных и призматических граней (согласно существующим представлениям [7, 8], морфология совершенного кристалла льда соответствует дитригональной призме, главная ось C которой ориентирована перпендикулярно основаниям призмы, а соотношение высоты к поперечнику равно 0,89) [8]. Согласно натурным наблюдениям, скорость роста таких выростов достигает $10^{-1} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$, что на порядок превышает минимальную скорость роста, необходимую для развития лучей-дендритов [1, 18]. От первичных лучей ответвляются новые лучи, и на поверхности водоема формируется звездообразная система тонких (10^{-3} – 10^{-2} см) лучевидных кристаллов (рис. 2, а, б), имеющих обычно дефектное строение. Разрастание кристаллов, сопро-

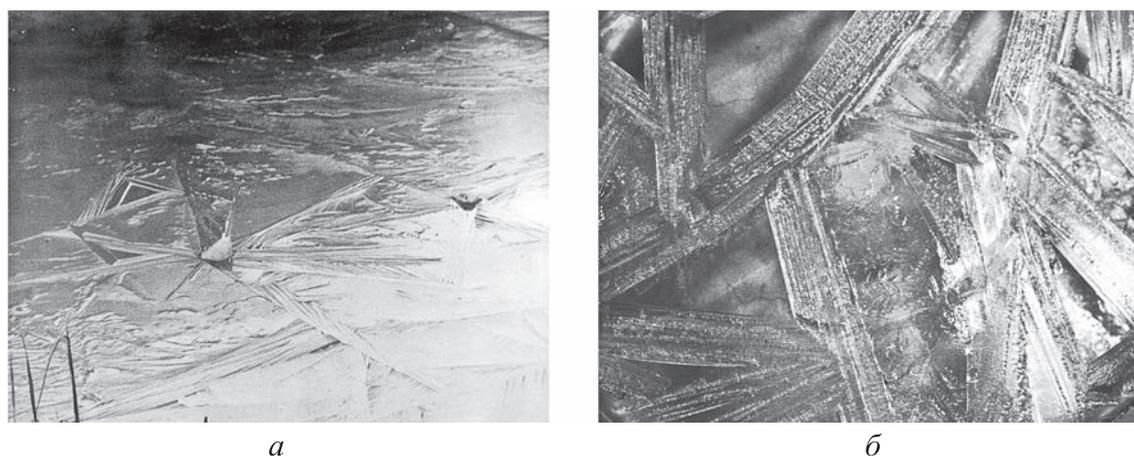


Рис. 2. Система лучевидных кристаллов льда, сформировавшаяся на поверхности водоема при ночном понижении температуры (а), и крупные удлиненные кристаллы льда в поверхностном, переохлажденном слое воды (б)

возрастающее возникновением новых лучей, продолжается, пока переохлаждение воды превышает $0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7]. Суммарная площадь развития лучей-дендритов может достигать 10% общей площади поверхности. При переохлаждении ($\Delta T < 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$) дендритный рост сменяется на сплошной, скорость разрастания площади кристаллов снижается до $0,01\% \cdot \text{c}^{-1}$, а формирование сплошной ледяной корки может завершиться за время $\sim 10^4\text{--}10^5\text{ c}$.

Размеры и форму кристаллов в ледяной корке можно охарактеризовать исходя из кинетики кристаллизации при нестационарной скорости зарождения кристаллов (уменьшение пространства, в котором может происходить зарождение новых кристаллов) [18]. Содержание частиц размером $10^4\text{--}10^5\text{ нм}$ при среднем аэрозольном загрязнении атмосферы составляет $10^{-4}\text{--}10^{-6}\text{ см}^{-3}$, а выпадение частиц такого размера

происходит с интенсивностью $0,1\text{--}1\text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$. При переохлаждении воды на $0,01\text{--}1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости роста кристаллов $10^{-3}\text{--}10^{-1}\text{ см} \cdot \text{c}^{-1}$ образовавшуюся ледяную корку льда формируют около 10^4 м^{-2} кристаллов, размеры которых изменяются от $0,1\text{--}0,2$ до $3\text{--}5\text{ см}$ при длине отдельных кристаллов до $15\text{--}20\text{ см}$. Для крупных кристаллов, образовавшихся ранее, характерны сложные очертания, тогда как мелким кристаллам, возникшим на завершающих стадиях, свойственны более изометричные очертания (рис. 3, а, б).

Ориентация кристаллов в ледяной корке в целом хаотична, однако кристаллы, у которых направление наибольшей скорости роста расположено в пределах слоя переохлаждения, обычно имеют большую площадь развития, при отсутствии внешних воздействий это кристаллы с вертикальным расположением оси C [9, 17, 26, 29]. В случае понижения температуры воз-

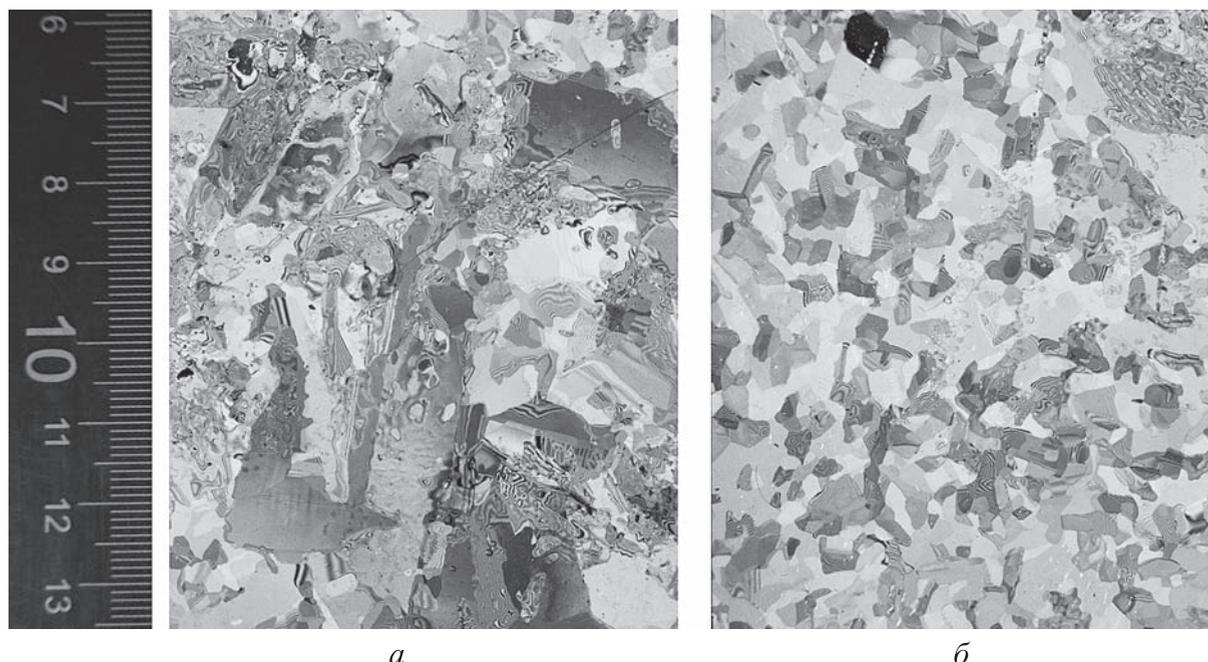


Рис. 3. Структура среднезернистого (а) и мелкозернистого (б) льда в поверхностном слое ледового покрова

духа до $-5...-10$ °С переохлаждение охватывает слой воды толщиной несколько миллиметров и становится возможным формирование пространственных скелетных кристаллов. Разрастание и взаимопроникновение скелетных кристаллов ведет к формированию ажурной ледяной решетки, которая после замерзания межскелетной воды превращается в ледяную корку, сложенную хаотично ориентированными удлинёнными кристаллами. Время существования ледяных кристаллов и корок, образовавшихся в результате интенсивного испарения и радиационного теплообмена, ограничивается несколькими часами, если только их возникновение не совпадает с сезонным понижением температуры воздуха до отрицательных значений. В этом случае возникшие кристаллы могут оказаться первой фазой формирования устойчивого ледового покрова.

Формирование заберегов. В прибрежной зоне вода постоянно контактирует с намного более крупными почвенно-грунтовыми частицами и соответственно более активными в зарождении льда, здесь также в большем количестве присутствуют растительные остатки, льдообразующая активность которых в целом выше, чем у минеральных частиц. Все это предполагает зарождение ледяных кристаллов при меньшем переохлаждении воды и первоочередное формирование льда именно в прибрежной зоне [9]. Обычно это удлинённые на десятки сантиметров лучевидные кристаллы, разрастающиеся по поверхности воды от почвенно-грунтовых частиц или от выступающих из воды растений (рис. 2, а, б).

Разрастание выпадающих ледяных кристаллов. При адвекции холодных воздушных масс над поверхностью водоема образуется туман испарения, состоящий из переохлажденных и замерзших капель воды. Их осаждение способствует быстрому охлаждению поверхностного слоя водоема. Кроме того, кристаллизация части капель тумана устраняет необходимость предварительного переохлаждения воды, и формирование ледового покрова начинается практически сразу по достижении в этом слое температуры фазового перехода воды [9]. При температуре воздуха $-3...-5$ °С активные центры льдообразования могут встречаться лишь на частицах аэрозоля размером $\geq 10^3$ нм, интенсивность осаждения которых на поверхность воды составляет $1 \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$. Сплошной ледяной покров при таких условиях формируется за 10^4-10^5 с, а количество кристаллов в образовавшемся ледяном покрове может составлять 10^2-10^5 м^{-2} .

Размеры кристаллов, как и в случае формирования ледяной корки, могут изменяться от десятых долей сантиметра до 2–3 см и достигать 5–10 см при малой интенсивности выпадения ледяных кристаллов и малом переохлаждении воды. При температуре воздуха $-10...-15$ °С количество активных аэрозольных частиц и концентрация центров льдообразования в поверхностном слое водоема увеличиваются на 2–3 порядка, а время становления ледового покрова существенно сокращается. Средние размеры кристаллов

при этом уменьшаются, а степень неоднородности структуры обычно возрастает, причем размеры крупных кристаллов могут достигать 15–40 см и даже 1 м [9, 12, 14].

Ориентация кристаллов льда, которые формируются на находящихся в слое переохлаждения частицах и на зародышевых кристаллах, выпадающих из приземного слоя воздуха, хаотична, что объясняется произвольной ориентацией и аэрозольных частиц, и центров кристаллизации на их поверхности. Однако вследствие большей скорости роста призматических и пирамидальных граней преимущественное развитие получают кристаллы с вертикальным или близким к вертикальному расположением осей C [29]. Кристаллы с горизонтальным расположением оси C имеют обычно меньшие размеры.

В случае выпадения снега структура поверхностного слоя ледового покрова существенно меняется. При снегопаде средней интенсивности ($0,5-5 \text{ мм} \cdot \text{ч}^{-1}$) охлаждение поверхностного слоя воды за счет таяния снежинок происходит со скоростью $10^{-3}-10^{-2}$ град $\cdot \text{с}^{-1}$, а по достижении температуры фазового перехода практически сразу начинается кристаллизация. Слабое переохлаждение воды ($10^{-3}-10^{-2}$ °С) предполагает сплошной рост осаждающихся снежинок со скоростью $10^{-4}-10^{-5} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ и развитие дисковидных форм кристаллов, не оставляя места лучевидным и дендритным формам. Время формирования ледового покрова в таких условиях составляет 10^2-10^4 с. Структура формирующегося льда, размеры и форма кристаллов, их ориентация в значительной степени определяются габитусом выпадающих снежинок [18, 29].

При сильном ветре или метели изменяется не только характер формирования поверхностного слоя льда, но и его структура. В местах относительного затишья скапливаются большие массы сильно промоченного снега (снежуры), а на открытом пространстве водоема формируются округлые блиноподобные образования из промоченного снега и обломков ледяных кристаллов. Размеры таких образований зависят от параметров волнения и интенсивности выпадения осадков и обычно не превышают 0,5 м. Эти образования и скопления снежуры при промерзании формируют толстые (3–10 см) блоки пористого снегового льда, сложенного кристаллами размером 0,5–2 мм. Переохлаждение охватывает довольно толстый слой воды, и между блоками разрастаются лучевые и дендритные выросты от кристаллов, расположенных в краевых частях блоков.

Взаимопроникновение таких выростов ограничивает относительные смещения блоков и тем самым понижает волнение воды. В пространстве между блоками образуется средне- и крупнозернистый лед аллотриоморфной структуры, сложенный удлинёнными пластинчатыми кристаллами с хаотичной ориентацией оптических осей. В результате поверхностный слой ледового покрова, формировавшегося в таких условиях, оказывается сложенным льдом двух основных типов: 1) мелко- и среднекристаллическим пористым

льдом с кристаллами изометричной формы и с хаотичным расположением осей *C*; 2) крупно- и среднекристаллическим льдом с кристаллами удлиненной формы, но также с хаотичным расположением осей *C*.

Формирование льда на водотоках, особенно в области быстрого течения, связано с аналогичными явлениями. Скопления обломков ледяных кристаллов и снежуры в зонах относительного затишья дают начало формированию мелкозернистого пористого льда с хаотичной ориентацией осей *C*. Разрастание этих ледяных образований может происходить как за счет дальнейшего накопления снежуры и ледяных обломков, так и в результате роста ледяных кристаллов в сторону свободной поверхности водотока. В последнем случае происходит формирование крупнокристаллического прозрачного льда, сложенного удлиненными кристаллами с хаотичной ориентацией осей *C* [8, 28].

В водотоках с сильным течением переохладение воды при отрицательной температуре воздуха может охватывать значительную часть толщи воды, вследствие чего развитие ледяных кристаллов становится возможным как в случае возникновения или закрепления их на неровностях русла (донный лед), так и при транспортировке их переохлажденной водой (внутриводный лед) [8, 16, 20]. Формирование внутриводного льда может быть связано с зарождением кристаллов льда на транспортируемых водой механических примесях и с разрастанием выпадающих твердых осадков, замерзших в воздухе капель воды, обломков дендритных кристаллов, образовавшихся в прибрежных зонах и на крупных предметах, которые омываются переохлажденной водой.

Зарождение и рост кристаллов льда на неоднородностях поверхности ложа (валуны, затонувшие предметы и пр.), а также скопление и смерзание внутриводного льда у препятствий внутри водотока дают начало донному льду, всплывание которого может вести к появлению в ледяном покрове участков со специфичным строением. Лед в пределах таких участков обычно неравномернозернистый и характеризуется пониженным по сравнению со снеговым льдом содержанием воздушных включений и высоким со-

держанием инородного, главным образом минерального, материала.

В зависимости от термодинамических условий ледостава — состояния поверхности водоема, источника центров кристаллизации и сопутствующей гидрометеорологической обстановки — формируется ледяной покров, структуру поверхностного слоя которого можно охарактеризовать одним из трех основных типов: 1) лед неравномернозернистый с крупными кристаллами удлиненной формы и хаотичной ориентацией осей *C*; 2) лед мелко- и среднезернистый, сложенный изометричными кристаллами с преимущественной вертикальной или горизонтальной ориентацией осей *C*; 3) лед неоднородного строения с хаотичной ориентацией осей *C*, на одних участках с изометричными кристаллами, мелко- и среднезернистый, на других с удлиненными кристаллами, крупнозернистый (таблица). Лед первого типа характерен для тонких корок, образование которых связано с охлаждением поверхности воды за счет испарения и радиационного теплообмена. Лед второго типа формируется обычно из осаждающихся ледяных кристаллов тумана испарения при резком понижении температуры или при спокойном выпадении снега на поверхность замерзающего водоема. Лед третьего типа образуется при динамичном состоянии поверхности воды, т.е. на участках быстрого течения на водотоках, а также на водоемах при метелях и сильном ветре.

Рост ледового покрова. После формирования поверхностного слоя льда разрастание кристаллов может происходить лишь за счет их однонаправленного (ортотропного) роста в глубь водоема, т.е. в условиях стесненного развития в ортогональных направлениях. Разрастание в этих направлениях может происходить лишь вследствие более быстрого роста некоторых кристаллов в основном направлении (вертикальном) по сравнению с соседними кристаллами.

Модель кластерного строения воды, опирающаяся на кинетическую теорию предпереходных явлений в жидкости, предполагает возможность роста кристаллов за счет присоединения отдельных кластеров [7, 8]

Зависимость структуры льда в поверхностном слое ледового покрова от термодинамических условий ледостава

Состояние поверхности водоема	Спокойное		Динамичное	
	Источники центров кристаллизации	Поверхностный слой воды	Атмосфера	
Сопутствующие гидрометеорологические явления и процессы	Радиационное охлаждение воды. Интенсивное испарение	Туман испарения	Твердые осадки	Замерзание капель воды
Структура поверхностного слоя льда	I. Неравномернозернистая, с крупными удлиненными кристаллами и с хаотичной ориентацией осей <i>C</i>	II. Мелко- и среднезернистая, с изометричными кристаллами и с преимущественной (вертикальной или горизонтальной) ориентацией осей <i>C</i>		III. Неоднородная, состоящая из: 1) мелко- и среднезернистого льда с хаотичной ориентацией осей <i>C</i> ; 2) крупнозернистого льда с удлиненными кристаллами и хаотичной ориентацией осей <i>C</i>

(микроблочного механизма, по Е.С. Федорову, 1916). При объемной концентрации кластеров 10^{21} моль $^{-1}$ у поверхности раздела находится до 10^{13} см $^{-2}$ произвольно ориентированных кластеров, время переориентации которых составляет около 10^{-10} с при 0°C . Кластер может присоединиться к растущей грани кристалла с формированием поверхности срастания, свободная поверхностная энергия $\gamma_{\text{лк}}$ которой в зависимости от степени рассогласования квазирешетки кластера и решетки кристалла может составлять $0\text{--}65$ эрг/см 2 . Последнее значение соответствует поверхностной энергии контактирующих граней соседних кристаллов льда и отвечает случаю, когда присоединение кластера может привести к формированию нового кристалла. Согласно теории кластерного роста, степень возможного несогласования определяется переохлаждением воды ΔT , а теоретическое выражение для скорости v роста льда хорошо согласуется с имеющимися экспериментальными данными [7]:

$$v = 0,053 (\Delta T)^{1,75} \text{ см} \cdot \text{с}. \quad (2)$$

В естественных условиях нарастание ледового покрова протекает при нестационарном, постоянно меняющемся термическом режиме. Это служит причиной закономерных или случайных изменений переохлаждения воды у фронта кристаллизации и ведет к изменению скорости роста кристаллов. Условия теплового взаимодействия на границе раздела лед—вода соответствуют [2]

$$T_{\text{гр.л}} = T_{\text{гр.в}} \text{ и } \lambda_{\text{л}}(\partial T/\partial z)_{\text{л}} = LV\rho - \lambda_{\text{в}}(\partial T/\partial z)_{\text{в}},$$

где $T_{\text{гр.л}}$ и $T_{\text{гр.в}}$ — температура льда и воды на границе раздела соответственно, $\lambda_{\text{л}}$ и $\lambda_{\text{в}}$ — теплопроводность льда и воды соответственно, $(\partial T/\partial z)_{\text{л}}$ и $(\partial T/\partial z)_{\text{в}}$ — градиенты температуры во льду и в воде, L — теплота фазового перехода, V — скорость роста льда, ρ — плотность льда. При наиболее вероятных значениях градиентов температуры скорость роста ледового покрова имеет значения $10^{-4}\text{--}10^{-5}$ см/с, что близко соответствует измеренным значениям скорости прироста толщины ледового покрова в естественных условиях [8]:

$$V = 7,7 \cdot 10^{-5} \cdot (\text{grad} T)_{\text{сл}}, \quad (3)$$

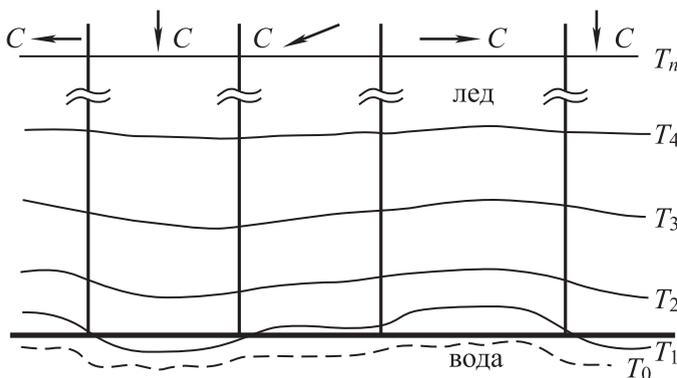


Рис. 4. Положение термоизоплет в ледяном покрове при показанной схеме ориентации C -осей кристаллов и плоском фронте кристаллизации

где $(\text{grad} T)_{\text{сл}}$ — среднезимний градиент температуры в снежно-ледяном покрове водоема.

Используя теоретическую зависимость скорости роста льда от переохлаждения воды (2) и данные о скорости прироста толщины ледового покрова (3), получим следующее соотношение между градиентом температуры $(\text{grad} T)_{\text{л}}$ и переохлаждением воды у фронта кристаллизации $\Delta T_{\text{в}}$ в натуральных условиях:

$$\Delta T_{\text{в}} = 2,2 \cdot 10^{-2} \cdot (\text{grad} T)_{\text{сл}}^{0,57}. \quad (4)$$

Формирование структуры ледового покрова при ортотропном росте кристаллов льда. Уравнение (4) позволяет оценивать величину переохлаждения воды на фазовой границе лед—вода и прогнозировать возможные изменения скорости роста и структуры ледового покрова (выклинивание и разрастание кристаллов) на этапе ортотропного роста кристаллов по мере продвижения фронта кристаллизации и изменения градиента температуры в ледовом покрове.

Анизотропия теплопроводности льда (теплопроводность в направлении главной (C) оси на $3\text{--}10\%$ выше, чем в перпендикулярном направлении (A -оси), т.е. $\lambda_C = (1,03\div 1,1)\lambda_A$ [2]) предполагает, что в случае плоской поверхности раздела лед—вода переохлаждение перед C -кристаллами (ось C расположена вертикально) должно быть больше, чем перед A -кристаллами (ось C расположена горизонтально), и вследствие этого происходит более быстрый рост C -кристаллов (рис. 4).

Однако помимо анизотропии теплопроводности лед характеризуется анизотропией скорости роста, согласно которой скорость роста A -кристаллов при равном переохлаждении должна быть больше, чем C -кристаллов [8, 10]. Каждый из этих факторов действует независимо от другого, т.е. мы имеем суперпозицию анизотропии скорости роста и анизотропии теплопроводности в основных кристаллографических направлениях, а выклинивание—разрастание C - и A -кристаллов в процессе роста ледового покрова определяется не только величиной переохлаждения, но и соотношением переохлаждения перед соседними кристаллами. С одинаковой скоростью они растут лишь при условии, что перед C -кристаллами переохлаждение на $3\text{--}10\%$ больше, чем перед A -кристаллами [10].

При высоких значениях градиента температуры $(\text{grad} T \geq 2 \text{ град/см})$ соотношение переохлаждения перед соседними кристаллами составляет $\Delta T_C \leq 1,01\Delta T_A$, этого недостаточно для присоединения кластеров к C -кристаллам с такой же интенсивностью, как и к A -кристаллам. В результате C -кристаллы отстают в росте, а выступающие относительно соседних кристаллов грани A -кристаллов получают возможность для разрастания в направлении отстающих кристаллов, ограничивая тем самым площадь их поперечного сечения.

По мере роста толщины ледового покрытия и уменьшения градиента температуры переохлаждение воды перед фронтом кристаллизации снижается, но соотношение $(\Delta T_C/\Delta T_A)$ между переохлаждением воды

перед *C*- и *A*-кристаллами при этом постепенно возрастает, т.е. увеличивается роль анизотропии теплопроводности, и соотношение значений скорости роста (V_C/V_A) все более приближается к 1. При $\Delta T_C = 1,03\Delta T_A$ рост *C*- и *A*-кристаллов происходит с одинаковой скоростью. При дальнейшем снижении градиента температуры и уменьшении переохлаждения воды перед фронтом кристаллизации скорость роста *C*-кристаллов (V_C) начинает превышать скорость роста *A*-кристаллов (V_A), вследствие чего фронт кристаллизации сначала выравнивается, а затем вперед выдвигаются уже *C*-кристаллы (рис. 5). При $\Delta T_C \geq 1,1\Delta T_A$ выступающие над соседними кристаллами грани *C*-кристаллов разрастаются со скоростью, близкой фронтальной скорости роста *C*-кристалла. Дальнейшее разрастание *C*-кристаллов ведет к выклиниванию иначе ориентированных кристаллов и формированию ледового покрова, сложенного кристаллами призматической формы, ориентация осей *C* которых совпадает с удлинением кристаллов и с направлением теплового потока.

Выводы:

— переохлаждение воды ΔT , необходимое для формирования ледового покрова, определяется составом осаждающихся аэрозольных частиц или частиц, находящихся в поверхностном слое водоема, их размером и временем нахождения в слое переохлаждения, что предполагает возможность управлять процессом формирования ледового покрова;

— строение поверхностного слоя ледового покрова водоемов и водотоков в зависимости от метеорологической обстановки, состояния его поверхности в период ледостава и источников центров кристаллизации можно подразделить на три основных типа: а) лед неравномернозернистый, с крупными кристаллами удлиненной и неправильной формы и хаотичной ориентацией осей *C*, характерен для ледостава, происходящего при интенсивном охлаждении поверхности воды за счет испарения и радиационного теплообмена; б) лед мелко- и среднезернистый, сложенный изометричными кристаллами с вертикальной или горизонтальной ориентацией осей *C*, сформировавшимися при спокойном выпадении снега на поверхность замерзающего водоема или осадении ледяных кристаллов из тумана испарения при адвекции холодных воздушных масс; в) лед неоднородного строения с хаотичной ориентацией осей *C*, на одних участках мелко- и среднезернистый с изометричными кристаллами, на других крупнозернистый с удлиненными кристаллами, образующийся при динамичном состоянии поверхности воды, при метелях и сильном ветре, а также на участках быстрого течения на водотоках;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Л.Н. Кинетика образования и структуры твердых слоев. Новосибирск: Наука, 1972. 227 с.
 2. Богородский В.В., Гаврило В.П. Лед. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 384 с.

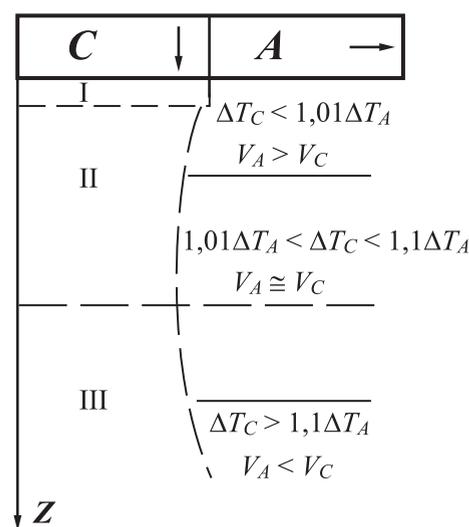


Рис. 5. Стадии формирования ледового покрова и соотношения переохлаждения перед *C*- и *A*-кристаллами, скорости их роста и вектора выклинивания с учетом суперпозиции анизотропии скорости роста и анизотропии теплопроводности кристаллов льда

— изменения строения ледового покрова связаны с разрастанием—выклиниванием кристаллов вследствие формирования неплоского фронта кристаллизации и разрастания в ортогональном направлении боковых граней кристаллов, выдвинувшихся относительно соседних, ориентированных иначе. Разрастание и выклинивание кристаллов обусловлено суперпозицией анизотропии теплопроводности и скорости роста соседних кристаллов и ведет к возникновению преимущественной ориентации, отличной от средней ориентации кристаллов в поверхностном слое. Оценка переохлаждения воды на фазовой границе лед—вода и изменений структуры ледового покрова по мере его роста возможна на основе сведений о градиенте температуры в снежно-ледяном покрове;

— строение поверхностного слоя льда наследуется формирующимся ледовым покровом, поэтому сведения об условиях ледостава и последующего роста позволяют оценивать возможные изменения строения и свойств ледового покрова по глубине [3, 5] либо решать обратную задачу, т.е. реконструировать условия формирования льда на основе сведений о его строении. Так, в конжеляционном льду над оз. Восток в Антарктиде зафиксировано разрастание кристаллов до размеров >1 м, поэтому сведения об ориентации *C*-осей этих кристаллов могут служить необходимой информацией для оценки градиентов температуры, существовавших во время их роста и скорости роста льда.

Выражаю благодарность Д.М. Фролову за помощь в подготовке статьи к публикации.

3. Войтковский К.Ф., Голубев В.Н. Зависимость механических свойств льда от условий его образования // II Международный конф. по мерзлотоведению: Докл. и сообщ. Вып. 4. Якутск: Якутское кн. изд-во, 1973. С. 7—16.

4. Голубев В.Н. Условия возникновения льда на границе твердого тела и воды // Гляциологические исследования. № 26. М.: Радио и связь, 1981. С. 16—21.
5. Голубев В.Н. Прогнозирование условий возникновения, структуры и прочности ледяных покрытий на поверхности твердых тел // Проблемы инженерной гляциологии. Новосибирск: Наука, 1986. С. 121—128.
6. Голубев В.Н. Теоретические основы конжеляционного льдообразования в криосфере Земли // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике. Новосибирск: Наука, 1997. С. 129—134.
7. Голубев В.Н. Рост кристаллов льда в переохлажденной воде // Мат-лы гляциол. исследований. 1998. № 86. С. 11—16.
8. Голубев В.Н. Структурное ледоведение. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999; 2-е изд. 2000.
9. Голубев В.Н. Зарождение и рост льда на поверхности водоемов // Мат-лы гляциол. исследований. 2001. № 91. С. 149—157.
10. Голубев В.Н. Закономерности ортотропного роста льда // География и окружающая среда. СПб.: Наука, 2003. С. 166—177.
11. Голубев В.Н. Глобальная роль конжеляционных льдов // География, общество, окружающая среда. Т. 1. Структура, динамика и эволюция природных геосистем. М.: Изд. дом "Городец", 2004. С. 311—323.
12. Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: Изд-во Главсевморпути, 1945. 360 с.
13. Кондратьев К.Я., Поздняков Д.В. Аэрозольные модели атмосферы. М.: Наука, 1981. 104 с.
14. Молчанов И.В. О строении и структуре озерного льда в связи с метеорологическими условиями // Изв. Росс. гидрол. ин-та. 1925. № 14. С. 17—29.
15. Пивоваров А.А. Термика замерзающих водоемов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 156 с.
16. Пиотрович В.В. О применении гидрофобных веществ для борьбы с образованием внутриводного льда на сооружениях ГЭС и водопроводов // Метеорология и гидрология. 1969. № 10. С. 64—68.
17. Савельев Б.А. Строение, состав и свойства ледового покрова морских и пресных водоемов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. 541 с.
18. Стрикленд-Констэбл Р.Ф. Кинетика и механизм кристаллизации. Л.: Недра, 1971. 310 с.
19. Черепанов Н.В. Классификация льдов природных водоемов // Тр. ААНИИ. 1976. Т. 331. С. 77—99.
20. Чижов А.Н. Образование внутриводного льда и формирование шугохода на горных реках // Тр. ГГИ. 1962. Вып. 93. С. 3—23.
21. Benson B., Magnuson J. Global lake and river ice phenology database. Boulder: National Snow and Ice Data Center / World Data Center for Glaciology, 2000 (updated 2006). Digital media.
22. Golubev V.N. The ice formation in ground freezing // Ground Freezing 97 / Ed. S. Knutsson. Rotterdam: Balkema, 1997. P. 87—91.
23. Hendricks Franssen H.-J., Scherrer S.C. Freezing of lakes on the Swiss plateau in the period 1901—2006 // Intern. J. Climatology. 2008. Vol. 28, N 4. P. 421—433.
24. Korhonen J. Long-term changes in lake ice cover in Finland // Nordic Hydrology. 2006. Vol. 37. P. 347—363.
25. Livingstone D.M. Break-up dates of Alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface air temperatures // Climatic Change. 1997. Vol. 37. P. 407—439.
26. Lyons J.B., Stoiber R.E. Orientation fabrics in lake ice // J. Glaciology. 1962. Vol. 4, N 33. P. 367—370.
27. Magnuson J.J., Robertson D.M., Benson B.J. et al. Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere // Science. 2000. Vol. 289. P. 1743—1746.
28. Michel B., Ramseier R.O. Classification of river and lake ice // Canad. Geotechn. J. 1971. Vol. 8, N 1. P. 36—45.
29. Muguruma J., Kikuchi K. The origin of vertical C-axis ice on Peters Lake, Alaska // J. Glaciol. 1964. Vol. 39, N 5. P. 372—374.
30. Palecki M.A., Barry R.G. Freeze-up and break-up of lakes as an index of temperature changes during the transition seasons: a case study for Finland // J. of Climate and Applied Meteorology. 1986. Vol. 25. P. 893—902.

Поступила в редакцию
12.09.2013

V.N. Golubev

FORMATION OF ICE COVER ON FRESH-WATER RESERVOIRS AND WATER COURSES

Role of the state of water surface (quiet or dynamic), associated hydrometeorological phenomena and processes, and the source of crystallization centers for ice cover formation and spreading as well as for the structure of its surface layer is described. Systematization of thermodynamic conditions of ice cover formation (according to field observations and analytical studies) made it possible to identify three principal types of the structure of the surface layer of ice cover. Changes of ice structure in the underlying strata depend on the variations of thermodynamic conditions on the ice cover surface, as well as the superposition of thermal conductivity anisotropy and that of ice crystals growth rate.

Key words: water, supercooling, crystallization, ice, growth, thermal conductivity, structure.

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 911.2.:550.4

И.А. Авессаломова¹, К.Н. Дьяконов², А.В. Савенко³, Т.И. Харитонова⁴ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОСТМЕЛИОРИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ⁵

На основании результатов многолетних исследований установлены главные направления трансформации гидромелиорированных ландшафтов за 20-летний период деградации осушительной системы. Показаны последствия изменения направленности ландшафтно-геохимических процессов и условий миграции элементов. Зафиксированы временные изменения гидрохимических параметров и снижение минерализации грунтовых и дренажных вод постмелиорированных ландшафтов по сравнению с периодом активного функционирования осушительной системы. Выявлены факторы, влияющие на усиление или ослабление интенсивности водной миграции элементов.

Ключевые слова: осушительная мелиорация, постмелиорированные ландшафты, ландшафтно-геохимические процессы, геохимические барьеры, дренажные воды, геохимические параметры.

Введение. Осушительные системы относятся к категории управляемых геотехнических систем, в функционировании которых ведущую роль играет механизм регулирования водно-воздушного режима, что во многом определяет состояние мелиорированных ландшафтов. При ослаблении или прекращении регулирования меняется тренд их развития, обусловленный трансформацией миграционных процессов. Актуальность выявления этих изменений связана с тем, что в последние 20 лет в России произошло сокращение сельскохозяйственного использования земель, многие мелиоративные системы, в частности в Рязанской Мещере, заброшены и находятся в стадии деградации. Дифференцированная оценка динамики землепользования для крупных регионов европейской территории России в обобщенном виде представлена в работах [7, 8]. Безусловно, эти работы должны быть дополнены крупномасштабными исследованиями на конкретных объектах, позволяющими выявить закономерности и детали трансформации сложившейся ранее пространственно-временной организации мелиорированных ландшафтов и их сферы влияния, которые невозможно обнаружить при мелкомасштабных исследованиях.

Постановка проблемы. Изучение постмелиорированных ландшафтов, возникающих при прекращении использования мелиоративных систем, включает выявление основных факторов, вызывающих перестройку

осушенных ландшафтов. В качестве критериев, отражающих их трансформацию, целесообразно использовать изменение межкомпонентных связей, соотношение между типоморфными ландшафтно-геохимическими процессами и последствия их воздействия на водный сток.

Цель исследования состояла в установлении последствий трансформации гидромелиорированных ландшафтов при прекращении их регулирования на примере Вожской гидромелиоративной системы. Основные задачи сводились к разработке схемы геохимической перестройки постмелиорированных ландшафтов; изучению ландшафтно-геохимических процессов, определяющих формирование постмелиорированных ландшафтов; сопоставлению геохимических параметров в период активного функционирования и при деградации осушительной системы.

Материалы и методы исследований. Объект исследований — Вожская гидромелиоративная система (Рязанская Мещера, бассейн р. Пра). Она расположена в пределах долинно-зандровой равнины, представляющей область озерно-аллювиальной аккумуляции московского, ранне- и поздневалдайского времени [6], и приурочена к днищу древней ложбины стока. Ландшафтно-геохимическая структура района Вожской системы определяется господством полесского рода ландшафтов, четкой выраженностью геохимических

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, доцент, канд. геогр. н.; *e-mail:* aiageo@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, заведующий кафедрой, докт. геогр. н., чл.-корр. РАН; *e-mail:* diakonov.geofak@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геохимии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* alla_savenko@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии и ландшафтоведения, ст. преп.; *e-mail:* kharito@m9com.ru

⁵ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 11-05-00954 и 11-05-93105). В полевых работах приняли участие А.А. Прозоров, Е.В. Богатырева и Е.С. Славин.

сопряжений и контрастностью их свойств. Мощность органогенных горизонтов осушенных территорий (сверху перегнойного, частично минерализованного, ниже торфяного в разной степени разложения) варьирует от 25 до 150 см. Начало заболачивания в нижней части системы, датированное по ^{14}C , составляет 7800 лет.

Прилегающая к гидромелиоративной системе территория представляет собой пологую равнину (уклон $0,0025-0,005^\circ$), сложенную частично перевеянными водно-ледниковыми песками московского возраста мощностью 1—7 м, под которыми находятся озерные илы, опесчаненные и тяжелые алеволитовые суглинки. Глубина почвенных и грунтовых вод колеблется от 0,8 до 2,8 м. В естественных условиях для монолитных лесо-болотных катен характерны прямые водные связи между пермацидными автономными ландшафтами и низинными болотами, а также формирование в краевых зонах последних кольцеобразных барьеров, что определяет контрастность латеральной дифференциации химических элементов в почвах [1].

Вожская самотечная система создана в 1966 г. Водоприемником ее дренажных вод выступало канализованное русло р. Вожа, впадающей в оз. Великое (бассейн р. Пра). Полезная площадь осушения составила 621 га. В 1986 г. система подверглась реконструкции, которая включала выравнивание полей, перепахивание органогенных горизонтов с пескованием и внесением органических и минеральных удобрений, известкование, посев луговых трав, прочистку и спрямление дренажных коллекторов, восстановление первичной сети закрытого дренажа и постройку водонасосной станции для откачки воды из магистрального канала в водоприемник и последующего расходования на полив. После изменения социально-экономических условий природопользования в начале 1990-х гг. мелиоративная система была заброшена.

Геохимическая перестройка супераквальных ландшафтов под влиянием осушения заключалась в интенсификации биологического круговорота при снижении степени гидроморфности, изменении окислительно-восстановительной обстановки и формировании площадного кислородного барьера, фиксируемого по обилию роренштейнов, увеличению содержания доступных форм биогенных элементов в почвах и грунтовых водах и открытости каскадных ландшафтно-геохимических систем, потере вещества с однонаправленным дренажным стоком и изъятии органического вещества с урожаем [4, 11]. Осадка и сработка торфяной залежи к 1991 г. составила в среднем 65—70 см. Влияние осушительных систем на уровень грунтовых вод прилегающих территорий в Мещерской низменности не превысило 1,5 км для долинно-зандровых и озерно-зандровых низменных равнин, что в целом ниже, чем в полесских ландшафтах [12, 13].

Для фиксации изменений, произошедших за последние 20 лет, в качестве исходных значений использованы геохимические параметры гидромелиориро-

ванных ландшафтов в период активного функционирования Вожской системы. Для характеристики современного состояния системы на опорных профилях в разных ее частях осуществляли наблюдения за кислотно-основными и окислительно-восстановительными условиями в почвах, а также проводили их опробование для определения содержания биогенных элементов. Исследования перераспределения влаги по звеньям катен выполняли с 2008 по 2011 г. Для этого на всех точках профиля отбирали образцы почвы объемом 60 мл с глубины 15, 30, 60 и 90 см, по которым рассчитывали влагозапас в метровом слое почвы. Определение активной кислотности торфов проводили потенциометрическим методом в водной суспензии при отношении твердой и жидкой фаз 1:2,5. Параллельно измеряли окислительно-восстановительный потенциал (Eh). Определение содержания азота, углерода и серы в почвах выполняли по методу элементного анализа Дюма на анализаторе “Elementar Vario” EL III.

С учетом системообразующей роли водных потоков в число информативных показателей вошли гидрохимические характеристики постмелиорированных ландшафтов. При выявлении особенностей водной миграции химических элементов использованы данные гидрохимического опробования, проведенного в июле 2009 г. при сухой погоде. Работы включали отбор проб воды из шурфов, заложенных в пределах мелиоративной системы и ее краевых частей, из дренажных канав, водотоков, принимающих дренажный сток (р. Вожа), а также из фоновых водотоков и болот на территориях, не подвергавшихся осушению. Сразу после отбора пробы отфильтровывали через плотные бумажные фильтры и часть фильтрата консервировали добавлением хлороформа для анализа биогенных элементов. Содержание Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} и SO_4^{2-} определяли методом капиллярного электрофореза; концентрацию Cl^- и величину общей щелочности, подавляющую часть которой составляют гидрокарбонаты, — объемными меркуриметрическим и ацидиметрическим методами; Si и $\text{P}_{\text{мин}}$ — колориметрическими методами с применением молибдата аммония с солью Мора и с аскорбиновой кислотой соответственно.

Результаты исследований и их обсуждение. Основные факторы и тенденции преобразования постмелиорированных ландшафтов. Прекращение регулирования осушительных систем приводит к трансформации гидромелиорированных ландшафтов в результате совместного действия комплекса факторов, определяющих особенности их функционирования (рис. 1). В основе геохимической перестройки лежит изменение условий стока, вызывающее снижение активности водообмена и открытости геосистем, повышение уровня грунтовых вод и увеличение гидроморфности супераквальных ландшафтов. Дополнительный риск усиления последней связан с бобровыми плотинами на дренажных канавах в краевой части Вожской системы.



Рис. 1. Трансформация гидромелиорированных ландшафтов после прекращения регулирования осушительных систем

Другим фактором служит видоизменение биологического круговорота при отсутствии посева сельскохозяйственных культур. Вместо аграрного типа наблюдаются сукцессионные смены фитоценозов и формирование лугово-кустарниковых, луговых и болотных элементарных ландшафтов. Их разнообразие зависит от сочетания форм рельефа, различающихся по глубине залегания грунтовых вод, что отражает его дифференцирующую роль. Сопряжение супераквальных ландшафтов с разными степенью гидроморфности, типами биологического круговорота и условиями миграции/аккумуляции химических элементов увеличивает внутреннюю неоднородность постмелиорированных ландшафтов и пространственную вариабельность их геохимических параметров.

Ландшафтно-геохимические процессы в супераквальных ландшафтах. К настоящему времени в зависимости от уровня грунтовых вод выделяются разные варианты супераквальных комплексов Н—Fe-класса. Они различаются по особенностям биологического круговорота и влагозапасу в метровом слое почвы. Влагозапас определяется мощностью торфяного горизонта, обладающего более высокой влагоемкостью по сравнению с подстилающими песками. В постме-

лиорированных ландшафтах на наиболее пониженных участках сохраняется торфяной горизонт толщиной >1 м; в краевых частях, отрезанных от основного массива земель дренажными канавами, — 50—60 см; в центральной части, подвергавшейся максимальной эксплуатации, — 0—30 см. Поэтому по влагозапасу в почве различные супераквальные комплексы отличаются высокой контрастностью, причем во влажные годы разница достигает 500 мм/м (табл. 1). Однако при высокой пространственной неоднородности межгодовая изменчивость запасов почвенной влаги не столь значительна и составляет 3—11%.

Природные комплексы зандровых равнин и их склонов, прилегающих к Вожской системе, до сих пор испытывают ее воздействие: в их почвах запасы влаги меньше, чем в естественных условиях, а межгодовая изменчивость крайне высока (29—33%). Это показывает, что система заброшенных каналов и шлюзов, несмотря на подпор вод и заболачивание ландшафтов днища ложбины стока, продолжает влиять на сопряженные с ними лесные природные комплексы, причем неустойчивость запасов влаги в их почвах выше, чем в постмелиорированных ландшафтах.

Таблица 1

Запасы влаги в почвах естественных и постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

Ландшафтные комплексы	Средний влагозапас, мм/м			Межгодовая изменчивость, %
	влажные годы, 2008—2009	сухие годы, 2010—2011	2008—2011	
Естественные ландшафты				
Лесные, верхние части склонов	221	196	203	8
То же, нижние части склонов	500	401	433	13
Низинные болота	834	731	767	11
Постмелиорированные ландшафты Вожской системы				
Лесные, верхние части склонов	89	66	70	29
То же, нижние части склонов	254—455	196—387	222—418	13—33
Влажные луга	324—813	330—736	319—760	7—11
Низинные болота	424	412	417	3

В зоне открытого дренажа произошло зарастание заброшенных угодий, появилась поросль ивы и березы, чередующаяся с участками разнотравно-злаково-щучковых лугов, под которыми в старопашотных торфяно-глеевых почвах сформировался хорошо выраженный дерновый горизонт. В начальных стадиях сукцессионных смен в почвах преобладает слабокислая среда (рН 6,0—6,1). Оторфованные органогенные горизонты, сохраняющие непрочную мелкокомковатую структуру, характеризуются максимальным содержанием углерода (25—49%) и азота (1,7—2,9%) для почв постмелиорированных ландшафтов Вожской системы. Очевидно, в этих комплексах пока еще частично сохраняются условия для преобразования органического вещества, сформировавшиеся в период проведения осушительных мероприятий.

Минерализация торфа в аэробных условиях представляла собой саморазвивающийся процесс с положительной обратной связью. В результате разложения органики происходило обогащение почвы азотом и уменьшение кислотности почвенных растворов, что создавало благоприятные условия для редуцентов, увеличивающих скорость минерализации. Вместе с тем соотношение С/Н, используемое как индикатор минерализации торфа [10, 14, 15], достаточно высокое (15—19), что свидетельствует о незначительной обогащенности азотом органогенных горизонтов этих почв. При глубине залегания грунтовых вод 85—90 см оглеение проявляется с 40—45 см и охватывает нижнюю минеральную часть профиля. В зоне контакта окислительной и восстановительной сред встречаются лишь незначительные рыхлые скопления гидроксидов железа. Это свидетельствует об усилении глеегенеза и ослаблении роли площадного кислородного барьера, который четко фиксировался в период функционирования Вожской системы по обилию роренштейнов.

Повышение уровня грунтовых вод в большей степени сказывается в западинообразных понижениях, где в условиях повышенной гидроморфности появились осоковые болота, которых не было при функционировании осушительной системы. При небольшой мощности торфа влагозапас в почвах здесь ниже и меньше изменяется по годам, чем в фоновых низинных болотах с большей мощностью торфа. В этих понижениях содержание азота в торфах меньше (0,5—1,1%), причем при устойчивом сохранении восстановительной обстановки и денитрификации возможно исчезновение его нитратных форм.

Одно из следствий ухудшения кислородного режима постмелиорированных ландшафтов — пространственное изменение интенсивности разложения органического вещества, для оценки которой было использовано соотношение Н/С в органогенных горизонтах почв (рис. 2). Содержание водорода в них в целом невелико и варьирует от 0,11 до 5,49%. Его соотношение с углеродом минимально в гумусовых горизонтах подзолистых почв автономных ландшафтов (0,09) и возрастает в супераквальных комплексах, особенно в торфянисто-глеевых почвах заболоченных понижений (до 0,16). Это связано, очевидно, с тем, что в последних при пониженной биохимической активности уменьшение скорости минерализации органических соединений сопровождается замедлением разложения лабильных алифатических цепей и более длительным сохранением фульвокислот [9, 10].

Своеобразная ситуация складывается в краевых частях ложбины стока на контакте лугово-болотных комплексов с супераквальными лесными, попадающими в сферу влияния мелиоративной системы. При незначительном содержании серы в органогенных горизонтах старопашотных почв постмелиорированных ландшафтов (0,16—0,25%) в торфянисто-подзолисто-глеевых почвах ельников папоротниковых оно

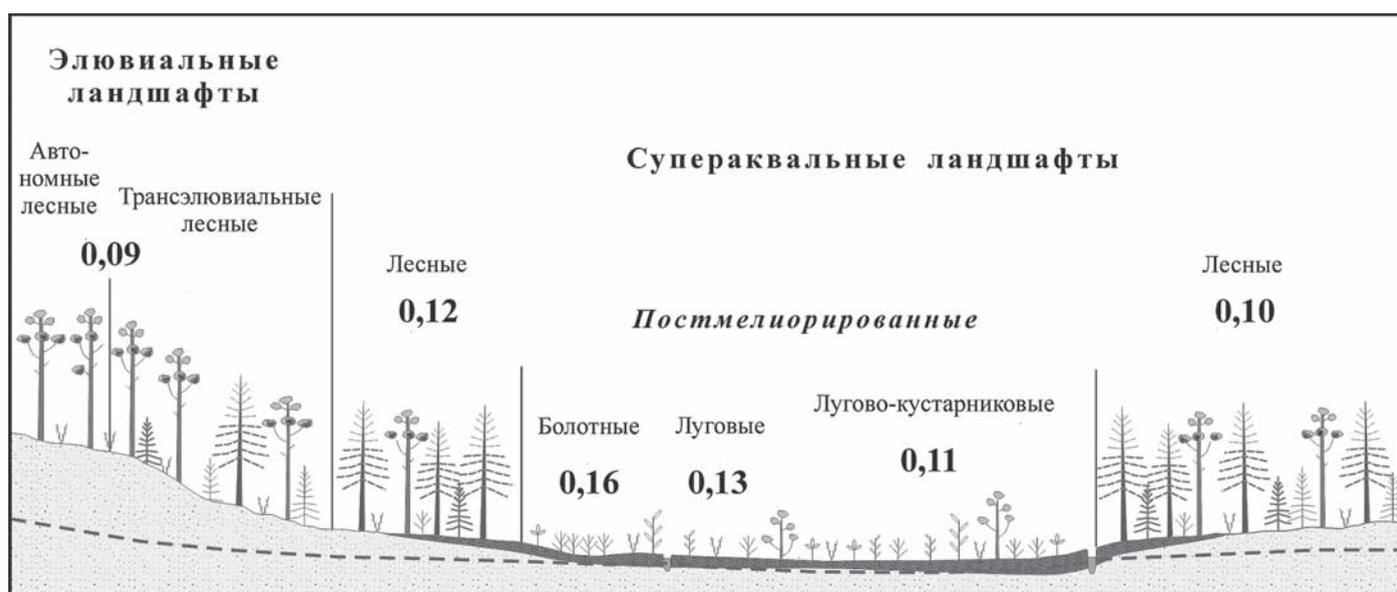


Рис. 2. Изменение соотношения водорода и углерода в органических горизонтах почв постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

выше (0,35—0,39%). В гетерономных звеньях катен, куда поступают сульфатно-кальциевые воды автономных ландшафтов, в условиях подпора, особенно в местах бобровых плотин, формируются локальные зоны замедленного водообмена. Очевидно, в анаэробной среде при наличии в почвах органического вещества и невысоком уровне окислительно-восстановительного потенциала (E_h 100—150 мВ) происходит частичное выделение H_2S . В условиях устойчивого оглеения возможность образования H_2S обеспечивается жизнедеятельностью гетеротрофных анаэробных микроорганизмов при неполном разложении органического вещества [3, 5]. Появление в нижних горизонтах торфянисто-подзолисто-глеевых почв иссиня-черных полос и запах сероводорода свидетельствуют о возможности возникновения сероводородного барьера.

В соответствии с представлениями о типоморфных комплексах ландшафтно-геохимических процессов [3] можно констатировать, что деградация осушительных систем сопровождается изменением их соотношения в супераквальных постмелиорированных ландшафтах по сравнению с периодом функционирования Вожской системы. Это связано с увеличением разнообразия вариантов автотрофного биогенеза, а также с изменением интенсивности детритогенеза и окислительно-восстановительной обстановки, что отражается на условиях миграции химических элементов и создает предпосылки для перестройки геохимических барьеров.

Тенденции изменения гидрохимических параметров при деградации осушительных систем. Проявляющаяся тенденция к заболачиванию существенно влияет на состав грунтовых и дренажных вод, причем тренд изменения противоположен наблюдавшемуся при осушении.

Зафиксировано снижение минерализации (M) грунтовых (75,2—194 мг/л) и дренажных (65,0—72,3 мг/л) вод по сравнению с водами гидромелиорированных ландшафтов Вожской системы (103—296 и 152—258 мг/л соответственно). Это может быть обусловлено как сработкой торфа, так и снижением интенсивности биологического круговорота в связи с замедлением разложения органического вещества.

Для характеристики направленности и степени изменения ионного состава грунтовых вод использованы коэффициенты временной изменчивости содержания ионов ($K_{вр}$), при расчете которых в качестве эталона были выбраны воды фоновых низинных болот (табл. 2). При деградации гидромелиоративной системы выделяются две противоположные тенденции. Во-первых, это снижение минерализации, содержания гидрокарбонатов, кальция, магния и калия, особенно в заболоченных западинах; для этой группы показателей наибольшая контрастность ($K_{вр} = 7,0 \div 7,4$) свойственна грунтовым водам трансформирующихся гидромелиорированных ландшафтов, при деградации которых различия по сравнению с низинными болотами сглаживаются ($K_{вр}$ снижается до 1,7—1,9); во-вторых, увеличение содержания хлора и фосфора, причины которого различны: для хлора это может быть обусловлено снижением открытости ландшафтно-геохимических систем, тогда как для фосфора важное значение имеет, видимо, смена окислительно-восстановительных условий. В обоих случаях на изменение интенсивности вовлечения элементов в водные потоки косвенно влияет увеличение гидроморфности супераквальных комплексов. Так, в гидромелиорированных ландшафтах фосфор относился к слабоподвижным мигрантам, вынос которого в грунтовые воды частично ограничивался иммобилизацией в виде железофосфатов на площадном кислородном барьере в почвах,

Таблица 2

Временная изменчивость содержания ионов в грунтовых водах супераквальных ландшафтов Н–Fe-класса Вожской гидромелиоративной системы

Тип элементарных ландшафтов	Год	Средняя минерализация, М, мг/л	Коэффициент временной изменчивости содержания ионов, $K_{вр}$				
			М	HCO_3^-	Ca^{2+}	Cl^-	Р
Фоновые низинноболотные	1978	88,7	1	1	1	1	1
Гидромелиорированные луговые	1980	296	3,3	7,4	7,0	0,3	0,9
Постмелиорированные луговые	2009	194	2,2	4,7	4,3	0,8	0,2
Постмелиорированные болотные	2009	75,2	0,8	1,7	1,9	1,2	2,6
Степень контрастности временной изменчивости содержания ионов							
$K_{вр} < 1$		Контрастность*			$K_{вр} > 1$		
0,5–1		слабая			1–1,5		
0,4–0,3		средняя			1,6–2,5		
0,2–0,1		сильная			2,6–5,0		
–		очень сильная			>5,0		

* Слабая контрастность — курсив, очень сильная — полужирный.

Таблица 3

Интенсивность водной миграции железа и фосфора в дренажных водах Вожской гидромелиоративной системы

Годы	Коэффициент водной миграции, K_x				
	10n	n	0,n	0,0n	0,00n
Гидромелиорированные ландшафты					
1978–1979		P (Fe)	Fe		
1987			P		Fe
Постмелиорированные ландшафты					
1989		P		Fe	
2009	(P)	P			

подтверждением чего служит накопление фосфора в рудяковых зернах и роренштейнах (кларки концентрации до 6,4). Определенная согласованность в изменении миграционной способности железа и фосфора в дренажных водах хорошо выявляется при сопоставлении коэффициентов водной миграции этих элементов на разных стадиях развития Вожской системы (табл. 3). Разрушение кислородного барьера привело к переходу фосфора в группу легкоподвижных мигрантов и стимулировало увеличение интенсивности его водной миграции и поступление в дренажные воды.

Сравнение данных разных лет четко показывает пик минерализации дренажных вод в период наиболее активного функционирования Вожской системы и ее последовательное уменьшение в дальнейшем (рис. 3). В настоящее время дренажные воды по этому показателю постепенно приближаются к водам

рек, в заболоченных бассейнах которых осушительные мероприятия не проводились (табл. 4). Сходная картина наблюдается и для отдельных ионов (за исключением $\text{P}_{\text{мин}}$), хотя их содержание в дренажных водах все еще превышает фоновые значения, характерные для рек полесских ландшафтов Мещеры. Однако на этом повышенном уровне в постмелиорированных ландшафтах, как и в естественных, проявляется тенденция к снижению содержания гидрокарбонат-иона, кальция и магния в водах появившихся в их пределах низинных болот по сравнению с водами сопряженных с ними луговых элементарных ландшафтов, а также с дренажными и речными водами р. Вожа.

В геохимической организации постмелиорированных ландшафтов важную роль играют геохимические ловушки⁶ (рис. 4). В условиях снижения интенсивности водообмена и формирования застойного

⁶ В отличие от геохимических барьеров в данном случае имеются в виду места, где локализуются подвижные формы элементов [2].

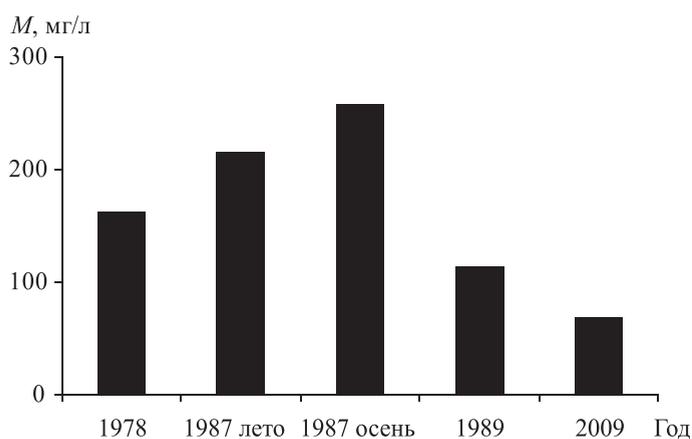


Рис. 3. Снижение минерализации (M) дренажных вод при деградации Вожской гидромелиоративной системы

водного режима изолированные заболоченные западины и дренажные каналы превратились в геохимические ловушки для растворенных форм биогенных элементов, в том числе очень подвижных водных мигрантов (в частности хлора). Эффекты синергизма спровоцировали усиленную эвтрофикацию не только дренажных каналов, но и принимающей их воды р. Вожа. Индикатором повышенного содержания хлора в ее водах, которое в 2 раза выше, чем в реках, не принимающих дренажного стока, служит бурное развитие ряски — типичного концентратора этого элемента. Интенсивное развитие гидрофитов показывает, что возможность эвтрофикации речных вод создается как при активном функционировании осушительных систем, так и при их деградации.

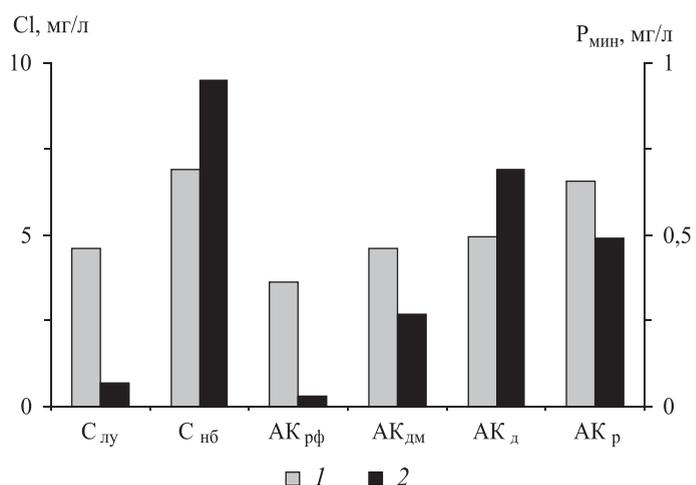


Рис. 4. Геохимические ловушки аниогенных элементов (1 — хлора, 2 — минерального фосфора) в постмелиорированных ландшафтах Вожской системы: C_{луг} — грунтовые воды постмелиорированных супераквальных луговых ландшафтов Н—Fe-класса, C_{нб} — то же низинноболотных; АК_{рф} — фоновые воды р. Посерда, не принимающей дренажного стока; АК_{дм} — дренажные воды магистрального канала, АК_д — то же канал; АК_р — воды р. Вожа, принимающей дренажный сток

Выводы:

— гидромелиорированные ландшафты не обладают способностью к самоорганизации и при прекращении регулирующих мероприятий претерпевают многокомпонентные преобразования, сопровождающиеся трансформацией условий миграции химических элементов. В основе перестройки этих ландшафтов лежит видоизменение биологического круговорота, увеличение гидроморфности и изменение комплекса типоморфных ландшафтно-геохимических процессов;

Таблица 4

Сравнение химического состава вод естественных и постмелиорированных ландшафтов Вожской системы

Тип вод	Минерализация, М, мг/л	Содержание ионов, мг/л							
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	P _{мин}
Естественные ландшафты (2009)									
Грунтовые воды лугов	117,0	5,2	0,1	1,5	17,9	3,9	2,8	85,4	0,17
Грунтовые воды низинных болот	39,2—40,5	1,7—2,8	0,3—0,5	1,3	6,5—7,3	3,3—4,9	2,2—6,3	16,8—24,4	0,03—0,07
Речные воды (р. Посерда)	46,8—51,4	1,2—1,6	0,1—0,5	1,9—2,1	7,3—8,4	3,6	1,8—1,9	30,5—33,6	0,03—0,04
Постмелиорированные ландшафты Вожской системы (2009)									
Грунтовые воды лугов	194,0	6,3	0,6	5,2	32,8	4,6	16,3	128,0	0,08
Грунтовые воды низинных болот	75,2	2,5	0,6	1,9	14,8	6,9	2,6	45,8	0,95
Дренажные воды	65,0—72,3	1,9—2,0	0,2—0,3	2,1—2,6	11,3—12,0	4,6—4,9	1,9—2,1	42,7—48,8	0,27—0,69
Воды рек, принимающих дренажный сток (р. Вожа)	99,1	2,5	0,6	3,4	18,1	6,7	3,6	64,1	0,49
Гидромелиорированные ландшафты в период активного функционирования Вожской системы (1987)									
Дренажные воды	215,6—258,4	4,2—4,5	0,5—1,2	10,8—12,0	40,0—43,5	5,8—9,7	16,7—51,8	79,3—170,8	0,01—0,03

— в период деградации гидромелиорированных ландшафтов в них развиваются противоположно направленные процессы, усиливающие их неустойчивость. Это связано с ослаблением одних и усилением других механизмов накопления и выноса элементов. Разрушение площадного кислородного барьера при изменении окислительно-восстановительных условий вызывает увеличение водной миграции железа и фосфора. Появление разных вариантов биологического круговорота способствует возрастанию роли фитобарьера в лугово-кустарниковых комплексах и биогеохимического барьера в почвах заболоченных понижений при снижении интенсивности разложения органического вещества. Замедление биологического круговорота приводит к уменьшению минерализации грунтовых и дренажных вод. Интенсивность этих процессов корректируется уровнем гидроморфности супераквальных комплексов, что способствует увеличению внутренней неоднородности формирующихся постме-

лиорированных ландшафтов и высокой пространственной вариабельности геохимических параметров;

— в организации постмелиорированных ландшафтов важную роль играют положительные обратные связи, когда рост уровня грунтовых вод и связанное с ним увеличение гидроморфности создают предпосылки для усиления процесса заболачивания. Общий тренд развития отражает тенденцию к восстановлению естественных свойств супераквальных комплексов, занимавших днище ложбины стока до создания Вожской мелиоративной системы. В первую очередь это усиление глеегенеза, детритогенеза и снижение открытости каскадных геосистем, включающих постмелиорированные комплексы. Замедление водообмена и накопление биогенных элементов (в частности фосфора) в водах способствует эфтрофикации дренажных канав и рек, принимающих их сток. Это требует постоянного контроля за динамикой геохимических параметров, определяющих продуктивность и состояние водных потоков в постмелиорированных ландшафтах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова И.А. Геохимические барьеры краевых зон болот Озерной Мещеры // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. С. 162—175.
2. Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н., Савенко А.В. Геохимические ловушки на пути водной миграции аниогенных элементов (на примере таежных ландшафтов Восточно-Европейской равнины) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 1. С. 29—35.
3. Глазковская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов. М., 2007.
4. Дьяконов К.Н., Авессаломова И.А., Зворыкин К.В. и др. Географические проблемы осушительных мелиораций. М.: МФГО, 1990.
5. Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н. и др. Почвоведение. М.: Агропромиздат, 1989.
6. Кривцов В.А., Водорезов А.В. Особенности строения и формирования рельефа на территории Рязанской области. Рязань: Изд-во Рязан. гос. ун-та, 2006.
7. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель в России в XX веке и постаргогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010.
8. Мухин Г.Д. Эколого-экономическая оценка трансформации сельскохозяйственных земель европейской тер-

ритории России в 1990—2009 гг. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5. С. 19—27.

9. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996.

10. Орлов Д.С., Лозановская И.М., Попов П.Д. Органическое вещество почв и органических удобрений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.

11. Петухова Н.Н. Геохимия почв Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1987.

12. Пыленок П.И. Эколого-мелиоративный стационар “Вожа” Рязанской области // Мелиоративно-болотные стационары России. М.: РАСХН, 1997. С. 42—46.

13. Пыленок П.И. Стационар “Вожа” // Лизиметрические исследования в России. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2004. С. 126—129.

14. Kuhry P., Vitt D.H. Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition // Ecology. 1996. Vol. 77, N 1. P. 271—275.

15. Schrautzer J., Rinker A., Jensen K. et al. Succession and restoration of drained fens: Perspectives from Northwestern Europe // Linking Restoration and Ecological Succession. Springer Ser. on Environmental Management. 2007. P. 90—120.

Поступила в редакцию
21.11.2013

I.A. Avessalomova, K.N. Dyakonov, A.V. Savenko, T.I. Kharitonova

GEOCHEMICAL TRANSFORMATION OF POST-AMELIORATIVE LANDSCAPES

Principle trends of the transformation of hydro-ameliorative landscapes during the 20-year-long period of drainage system degradation were revealed basing on the results of the long-term investigations. Changes in landscape-geochemical processes and conditions of elements migration are described. Temporal variations of hydrochemical parameters and lower mineralization of ground and drainage waters were recorded in the post-ameliorative landscapes as compared with the period of active functioning of the drainage system. Factors leading to the higher or lower intensity of water migration of elements were identified.

Key words: drainage amelioration, post-ameliorative landscapes, landscape-geochemical processes, geochemical barriers, drainage waters, geochemical parameters.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 551.465

С.А. Добролюбов¹, Е.И. Климчук²СВЕРДРУПОВСКИЙ ПЕРЕНОС ВОД В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ³

Проанализированы среднемесячные значения интегрального меридионального переноса в Северной Атлантике, рассчитанные по соотношению Свердрупа. В качестве исходных данных использован массив касательного напряжения ветра в узлах регулярной сетки $1 \times 1^\circ$ за период 1980—2005 гг. Расчет интегрального свердруповского переноса в районе субтропического антициклонического круговорота показал, что максимальное среднемноголетнее значение $\psi_s = -29,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ получено на 33° с.ш. Изучен квазиширотный перенос как сумма максимальных значений интегрального свердруповского переноса в субтропическом и субполярном круговоротах, рассмотрена его сезонная и межгодовая изменчивость. Анализ корреляций значений среднегодового зонального переноса с индексом Североатлантического колебания указывает на наличие значимой обратной связи ($r = -0,6$), что подтверждает гипотезу Бьеркнеса о противофазности изменений потоков в атмосфере и в акватории Северной Атлантики.

Ключевые слова: интегральный свердруповский перенос, межгодовая изменчивость, квазиширотный перенос, Североатлантическое колебание.

Введение. Изучение механизмов воздействия океана на формирование и изменение климата — важный раздел современных океанологических исследований. К таким механизмам относятся переносы массы и тепла в океане в меридиональном и зональном направлениях, вызванные неоднородностью поля ветра и термохалинными факторами. В результате этих процессов происходит сглаживание термических контрастов между широтами, формирование долгопериодных вариаций потоков океан — атмосфера и характеристик водных масс [3].

В настоящее время климатические и океанические исследования основываются в большей степени на результатах численного моделирования (см. список литературы в [2, 12]). Вместе с тем общие физические закономерности, определяющие крупномасштабную циркуляцию вод Мирового океана, могут быть получены при анализе упрощенной системы уравнений движения. Именно такой подход был предложен Х. Свердрупом [21], который вывел соотношение, связывающее интегральную циркуляцию в верхнем (~500—1000 м) слое океана с завихренностью крупномасштабного поля ветра, предположив при этом, что течение установившееся, на глубине существует некий уровень отсутствия движения, а боковое трение, вязкость и нелинейные члены движения малы.

В районе западных пограничных течений свердруповский баланс напрямую не выполняется, для замыкания баланса массы там должны существовать

интенсивные пограничные течения вдоль берега, направленные против переноса в основной части круговорота. Таким образом, если бы течения в Субтропической Атлантике определялись только завихренностью поля ветра, то расход течений на север в системе Флоридское течение—Гольфстрим был бы равен интегральному переносу на юг на соответствующих широтах из соотношения Свердрупа. Позднее Г. Стоммел и У. Манк дополнили теорию Свердрупа, введя западное пограничное течение с учетом бокового трения у берега и замкнув, таким образом, циркуляцию. При этом следует отметить, что свердруповский режим циркуляции не противоречит существованию течений другой природы, а полный поток массы воды в современных моделях учитывает в дополнение к свердруповскому переносу неравномерность трения о дно, влияние градиентов давления за счет изменений плотности воды и рельефа дна [2]. Несмотря на это, рассчитываемые по соотношению Свердрупа значения верно отображают характерные особенности интегральной циркуляции в тропических и умеренных широтах Северной Атлантики [16].

Межгодовые и внутригодовые значения интегрального свердруповского переноса (ψ_s) для всего Мирового океана приводятся во многих работах, например, С. Хеллермана и М. Розенштейна [13], В.А. Буркова [1], С. Годфри [11] и др. В статье С. Хеллермана [13] предложена параметризация коэффициента сопротивления морской поверхности для расчета напряжения

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, заведующий кафедрой, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: science@geogr.msu.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, аспирант; e-mail: kuchmilk@mail.ru

³ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00634-а) и контракта № 8327 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг.

трения ветра, применяемого для вычисления среднемесячных многолетних значений интегрального ψ_s , которую впоследствии широко использовали многие ученые (см., например, [8, 14, 17] и др.). В работах Д. Майера [17] и С. Джоси [14] дано подробное пространственно-временное описание интегральной свердруповской циркуляции для района Северной Атлантики, выполненное на основе метеорологических данных судовых наблюдений.

Одним из авторов статьи [4] выполнены оригинальные расчеты среднемесячных и среднегодовых интегральных значений свердруповского переноса для района субтропических и умеренных широт Северной Атлантики, проанализирован вклад рассчитанных среднемесячных значений ψ_s в суммарный перенос воды через Флоридский пролив, полученный независимым электрометрическим методом. Предлагаемая статья посвящена исследованию среднегодовых интегральных значений свердруповского переноса в Северной Атлантике, включая квазиширотный поток восточного направления, а также их взаимосвязи с индексом Североатлантического колебания (САК). Поиск подобных связей может способствовать более корректному пониманию роли атмосферных процессов в формировании межгодовой изменчивости крупномасштабной циркуляции вод Северной Атлантики.

Материалы и методы исследований. Искомые величины ψ_s рассчитывались по данным о касательном напряжении ветра (зональная (τ_y) и меридиональная (τ_x) составляющие) в узлах регулярной сетки с пространственным разрешением $1 \times 1^\circ$, из массива NOC v 1.1 (Британский океанографический центр, г. Саутгемптон) за период 1980—2005 гг. [23]. Этот массив состоит из двух массивов — COADS v.1a (Comprehensive Ocean — Atmosphere Dataset, 1980—1993) и iCOADS (international Comprehensive Ocean — Atmosphere Dataset, 1993—2005). Значения τ_x и τ_y получены по данным о составляющих скорости ветра u , v на высоте 10 м над уровнем моря с применением параметризации коэффициента трения C_d , предложенной Смитом в работе [20].

Выбор массива NOC v 1.1 обусловлен тем, что он основан на данных прямых судовых измерений, поэтому считается на сегодняшний день одним из наиболее достоверных и доступных [6, 14]. Данные массива использованы для расчета среднемесячных значений ротора касательного напряжения ветра за 1980—2005 гг. для акватории всего Мирового океана и интегрального свердруповского переноса на разных широтах в Северной Атлантике.

В работе также использованы среднемесячные значения индекса САК за исследуемый период, полученные Дж. Харрелом по разнице атмосферного давления между Исландским минимумом и Азорским максимумом [24]. (Значения индекса САК (>0 и <0) представлены на электронном ресурсе NOAA Climate Prediction Center с 1950 г. по настоящее время.) Индекс САК представляет значительный практический

интерес, поскольку характеризует интенсивность зонального потока в атмосфере во внетропической зоне Северной Атлантики. Наиболее информативно при сравнительном анализе использование индекса САК только для зимних месяцев, поскольку именно на это время приходится максимум потоков явного и скрытого тепла из океана в атмосферу.

Авторами выполнен совокупный анализ вариаций среднемесячных и среднегодовых значений интегрального свердруповского переноса, зонального (квазиширотного) свердруповского переноса и колебаний индекса САК в Северной Атлантике с целью установления взаимных корреляционных связей за период с 1980 по 2005 г.

Значения свердруповского переноса ψ_s рассчитывались по соотношению Свердрупа [21], которое позволяет по данным о распределении ветра над океаном получить значение полного меридионального переноса массы воды. Ротор касательного напряжения ветра вычисляли на основе исходных значений τ_x и τ_y по формуле [5]:

$$\text{rot}_z \bar{\tau} = \frac{\partial \tau_y}{\partial \tau_x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial \tau_y},$$

где x , y — расстояние стороны квадрата исходной сетки: $1,11 \cdot 10^5 \cdot \cos \varphi$ (м) и $1,11 \cdot 10^5$ м, соответственно, φ — широта.

Интегральные меридиональные значения свердруповского переноса рассчитаны путем интегрирования полученных значений ротора касательного напряжения ветра $\text{rot}_z \tau$ с учетом конфигурации морских берегов от восточной границы океана x_e (где значение принималось равным нулю) до западной границы океана x_w по следующему уравнению [5]:

$$\psi_s = \beta \rho^{-1} \int_{x_e}^{x_w} \text{rot}_z \bar{\tau} dx,$$

где β — изменение параметра Кориолиса с широтой $\partial f / \partial y = 2\Omega \cos \varphi / r$, Ω — угловая скорость вращения Земли ($7,29 \cdot 10^{-5}$, рад/с), r — средний радиус Земли (6371, км), ρ — плотность воды (1025, кг/м³).

В результате расчетов для района Северной Атлантики получено распределение среднемесячных значений интегрального меридионального свердруповского переноса ψ_s в верхнем слое океана от экватора примерно по 70° с.ш. (рис. 1, а, $1 \text{ Св} = 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$). Положительные значения ψ_s соответствуют переносу вод во внутренней части круговорота к полюсам, а отрицательные — к экватору. Интегральный свердруповский перенос схематично изображен на рис. 1, б. Здесь значения ψ_s с обратным знаком соответствуют ветровому компоненту западных пограничных течений — в Восточно-Гренландском, Лабрадорском, Северо-Атлантическом (западнее Ньюфаундлендской банки), Флоридском течениях, Гольфстриме и др. Квазиширотные течения на рис. 1, б показывают ветровую составляющую Северо-Атлантического тече-

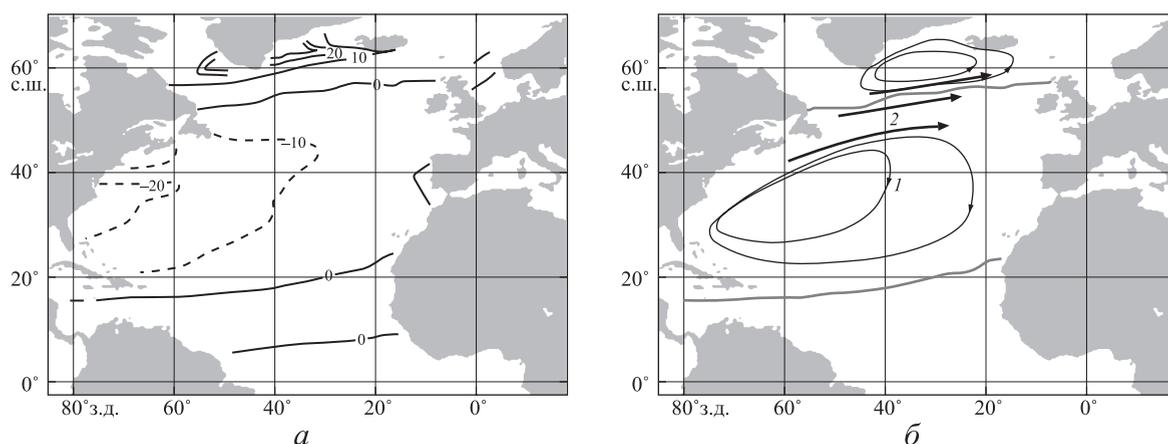


Рис. 1. Среднеголетние значения интегрального свердруповского переноса (Св) в Северной Атлантике, рассчитанные по данным массива NOC v 1.1. (пунктир — изолинии с отрицательной (антициклонической) завихренностью поля ветра) (а), а также схематичное изображение свердруповского переноса (б): 1 — свердруповский перенос во внутренней части бассейна, 2 — квазиширотный свердруповский перенос

ния после прохождения Ньюфаундлендской банки у 50° с.ш., которая численно равна сумме расходов уже в двух круговоротах — субтропическом и субполярном.

Результаты исследований и их обсуждение. Меридиональный свердруповский перенос. Распределение интегральных значений свердруповского переноса вод в океане подчинено единой закономерности: в широтном направлении чередуются области с отрицательными и положительными значениями ψ_s (области антициклонической и циклонической завихренности). Границы этих областей, представленные изолиниями с нулевыми значениями (рис. 1), являются границами океанических круговоротов. На основе вычисленных среднеголетних значений ψ_s получено, что тропический циклонический круговорот в Северной Атлантике выражен в пределах ~5–15° с.ш., субтропический антициклонический круговорот расположен с ~15° по 48–50° с.ш. Значения свердруповского переноса здесь отрицательны и сам перенос направлен к экватору во внутренней части круговорота. Максимальное среднеголетнее значение $\psi_s = -29,8$ Св находится на 33° с.ш. (рис. 2), что согласуется с результатами, полученными в работах [13, 14, 17], в которых максимальное значение ψ_s получено на 30–33° с.ш. Субполярный циклонический круговорот расположен с 50 по ~60° с.ш., однако его северная граница по соотношению Свердрупа в приполярных районах не может быть определена из-за наличия препятствия — о-ва Гренландия. Судя по рис. 2, максимальное среднеголетнее значение интегрального свердруповского переноса (+18,5 Св) в субполярном круговороте находится на 56° с.ш.

Несмотря на то что в большинстве случаев пространственно-временные характеристики ψ_s , полученные разными авторами [1, 8, 14, 17], согласуются между собой, количественно оценки свердруповского переноса могут различаться. Такие расхождения обусловлены, во-первых, выбором исходного массива данных (метеорологические, спутниковые, данные ре-

анализа), во-вторых, методикой расчета касательного напряжения ветра τ и коэффициента сопротивления i , в-третьих, применением метода пространственно-временного сглаживания данных. Распределение полученных нами значений ψ_s для Северной Атлантики несколько отличается от распределения значений свердруповского переноса, приведенных в статье С. Джоси (см. рис. 13 в [14]) по тому же массиву данных. Причина этого заключается в разном подходе при пространственном сглаживании исходных данных.

Нами сглаживание проводилось путем вычисления средних значений полей касательного напряжения ветра по 9 точкам в квадрате 3×3°. При этом, однако, в обеих работах вблизи 30° с.ш. изолинии свердруповского переноса схожи и имеют ярко выраженную С-образную форму с двумя максимумами на ~28 и

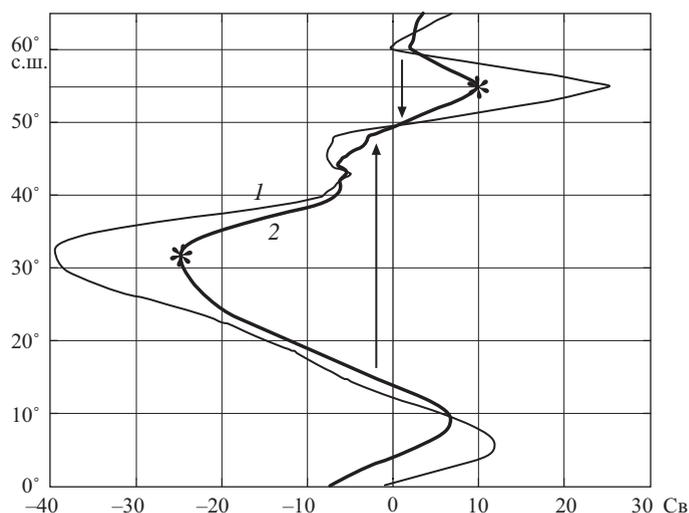


Рис. 2. Распределение среднеголетних интегральных значений свердруповского переноса по широтам в Северной Атлантике: 1 — среднее за январь, 2 — среднегодовое значение. Звездочки — максимумы в субтропическом (~33° с.ш.) и субполярном (~56° с.ш.) круговоротах. Стрелками показано направление компенсационного переноса противоположного направления в западной пограничной области, формирующего квазиширотный поток на восток

~33° с.ш. у западного берега (рис. 1, а также рис. 7 в [8] и рис. 4, $c-k$ в [22]). Временной ряд среднемесячных значений интегрального свердруповского переноса на 27° с.ш. имеет сходство по структуре с аналогичным рядом, полученным по данным реанализа NCEP за период 1980—2007 гг. (рис. 1 в [6]). По результатам вычислений в обоих массивах максимумы свердруповского переноса (по модулю) наблюдаются для 1981, 1985, 1988, 1998 гг., минимумы — для 1987, 1992, 1993, 2000 и 2006 гг. Среднепогодный свердруповский перенос, вычисленный нами, на $2,3 \pm 2,7$ Св отличается от результатов, полученных в работе [6]. Это связано прежде всего с различием исходных рядов данных, а также с выбранным методом пространственного сглаживания.

Определить достоверность рассчитанных значений интегрального свердруповского переноса и оценить его долю в суммарном переносе у западной границы можно, сравнив ψ_s с ежедневными измерениями расхода воды во Флоридском проливе [25]. Среднепогодный расход Флоридского течения, полученный путем осреднения данных за 1982—2005 гг. на 26,75° с.ш., равен $32,1 \pm 2,5$ Св. Среднепогодное значение ψ_s на 27° с.ш., рассчитанное по данным массива NOC v 1.1. за период 1980—2005 гг., равно (по модулю) $22,7 \pm 11$ Св. Таким образом, доля свердруповского переноса в суммарном переносе на 27° с.ш. составляет ~70%. Этот результат согласуется с расчетами У. Шмитца и Т. Таунсенд [18, 22], которые показали, что до ~80% расхода воды во Флоридском проливе может быть обусловлено интегральным свердруповским переносом, оставшиеся 20% — действием термохалинных факторов. Необходимо, например, учитывать существование меридиональной термохалинной циркуляции в Атлантике, при которой около 15—20 Св теплой воды в верхнем слое движется на север, охлаждается в полярных широтах и в результате конвекции формирует глубинный поток на юг с таким же расходом [3]. Следовательно, свердруповскому ветровому переносу верхнего слоя вод в основной части субтропического круговорота должен соответствовать более интенсивный (на 15—20 Св) поток на север в западной пограничной области.

Зональный свердруповский перенос. Нами также рассчитаны значения *зонального* свердруповского пе-

реноса (или индекса переноса), как сумма по модулю максимальных значений ψ_s в субполярном и субтропическом круговоротах по аналогии с индексом бароклинного переноса [9]. Действительно, потоки в западной пограничной области субтропического круговорота направлены на север, в субполярном круговороте — на юг (показаны стрелками на рис. 2). Для поддержания баланса массы, вероятно, на границах двух этих круговоротов должен существовать квазиширотный поток, направленный на восток. По существу, этот зональный поток составляет основу Северо-Атлантического течения восточнее Ньюфаундлендской банки (50° з.д.).

Среднемесячные и среднегодовые значения зонального свердруповского переноса рассчитаны за период с 1980 по 2005 г. Сезонный ход изменчивости полученных величин характеризуется максимумом зимой и минимумом в конце лета (июль, август, сентябрь), второй минимум отмечен в мае. В зимний период значения зонального переноса в ~2,5 раза больше значений, наблюдаемых в летне-осенний период. Судя по рис. 2, среднегодовой зональный свердруповский перенос составляет ~45—50 Св, а в зимний сезон — ~70 Св.

Межгодовая изменчивость величин зонального свердруповского переноса представлена на рис. 3. Типичный размах межгодовых флуктуаций зонального переноса в Северной Атлантике составляет ~20 Св, а его среднепогодная величина равна 48,3 Св. Следует отметить, что за 26 лет средние за год значения увеличились на 9 Св. Минимальное среднегодовое значение отмечено в 1983 г. — 37,3 Св, максимальное — в 2001 г. (60,5 Св). Выявлено также, что зональный перенос характеризуется межгодовой изменчивостью с периодом приблизительно 5—7 лет, при этом максимумы отмечены для 1980, 1987, 1997, 2001 гг.

Свердруповский перенос и индекс САК. Нами проанализирована связь зональных переносов в Северной Атлантике с аналогичным показателем для атмосферы. Для этого проведен сравнительный анализ индекса САК, представляющего собой интенсивность зонального переноса в атмосфере в умеренных широтах и квазиширотного свердруповского переноса в поверхностном слое океана. Тестовые расчеты показали, что наиболее эффективное сравнение обеих ве-

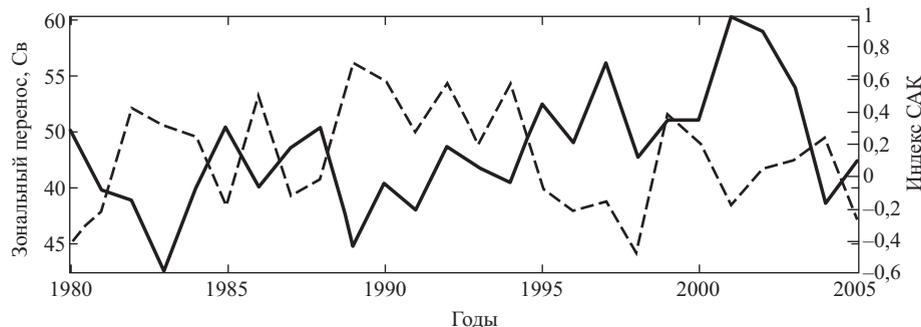


Рис. 3. Межгодовая изменчивость значений зонального свердруповского переноса и индекса САК (пунктир)

личин происходит, если принимать во внимание только данные для зимы, поскольку именно в этот период года они максимальны и наиболее вариативны. Таким образом, сравнение обоих рядов проводилось по среднезимним значениям (декабрь, январь, февраль), предварительно очищенным от многолетнего тренда.

Значения коэффициента кросс-корреляции (r) между зональным свердруповским переносом и индексом САК

Временной лаг, годы	-3	-2	-1	0	1	2	3
r	-0,02	-0,03	0,02	-0,63	0,23	-0,18	0,07

* Доверительный интервал $\pm 0,4$.

В таблице приведены результаты расчетов связи зонального свердруповского переноса и индекса САК. Коэффициент корреляции r обоих рядов при нулевом временном лаге составил $-0,63$ (при уровне значимости $p < 0,05$), что указывает на существование заметной обратной взаимосвязи. Судя по величине r^2 , можно сказать, что лишь 40% изменчивости зонального переноса можно объяснить вариативность индекса САК. Сравнение обоих рядов при учете среднемесячных значений за март дает высокую обратную зависимость: коэффициент корреляции равен $-0,72$ (при уровне значимости $p < 0,05$). Положительные значимые значения коэффициента корреляции $r \geq 0,45$ (при уровне значимости $p < 0,05$) получены при лидировании индекса САК на 4–5 лет. При анализе данных, представленных на рис. 3, выявлено, что взаимодействие обоих рядов происходит с разной временной периодичностью, так, с 1980 по 1995 г. максимальные значения обоих параметров различаются на 1–2 года, с 1996 по 2000 г. оба ряда совпадают, а с 2001 по 2005 г. они действуют в противофазе. Поэтому при заданных равноновременных сдвигах анализ изучаемых временных рядов не выявил положительной корреляции. Кроме того, отсутствие прямой взаимосвязи обусловлено тем, что зональный перенос в атмосфере определяется у восточной границы океана (Исландия—Азорские о-ва), в то время как зональный свердруповский перенос рассчитывается у западной границы океана.

Следует отметить, что Р. Карри и М. Маккартни [9], сравнив индекс бароклинного переноса (т.е. за счет градиентов плотности воды) с индексом САК без временного сдвига, не получили высоких значений коэффициента корреляции ($r = 0,32$). Эти исследователи выявили, что индекс переноса в некотором роде *следует* за атмосферным индексом циркуляции, т.е. ослабевает после отрицательной фазы индекса САК (< 0) и усиливается после положительной (> 0), а при лидировании индекса САК на 1–2 года коэффициент корреляции r составил 0,58.

Ж. Бьеркнесом в 1964 г. [7] выдвинута гипотеза о том, что меридиональный перенос тепла в Атланти-

ческом океане усиливается в те годы, когда ослабевает соответствующий ему меридиональный перенос в атмосфере. То же самое можно предположить и о зональном переносе, тесно связанном с меридиональным, т.е. усиление квазиширотного потока в умеренных широтах Атлантики (в том числе ветрового) должно сопровождаться ослаблением зонального переноса в атмосфере, реализуемого в терминах индекса САК. Эта гипотеза (так называемая компенсация Бьеркнеса) недавно была подтверждена и в рамках анализа результатов глобальной модели циркуляции океан—атмосфера HadCM3: аномалии переноса тепла в атмосфере и в Атлантике имели высокую отрицательную корреляцию вне тропических широт, особенно во временном масштабе нескольких лет и десятилетий [19]. Таким образом, отрицательную корреляцию при нулевом временном сдвиге, представленную в таблице, можно объяснить гипотезой Ж. Бьеркнеса. Однако выдвинутое предположение требует дальнейших исследований. Подчеркнем, что мы исследуем не интегральный зональный перенос в океане, а лишь его ветровую составляющую.

При детальном рассмотрении изменчивости максимальных значений интегрального ψ_s в обоих круговоротах и индекса САК прямая взаимосвязь между ними не обнаружена. Для Субтропической Атлантики это можно объяснить тем, что Североатлантическое колебание слабо влияет на поле ветра у Западного побережья океана в субтропических широтах [6]. По другим расчетам, атмосферное влияние на субтропический круговорот на межгодовых масштабах определяется распространением долгопериодных баротропных и бароклинных волн Россби, которые в свою очередь также воздействуют на горизонтальную свердруповскую циркуляцию [10]. Циркуляция океана в субполярных широтах, по модельным данным высокого разрешения, не подчиняется относительно простому соотношению Свердрупа и, вероятней всего, сочетает несколько режимов изменчивости [10]. Однако в работах [4, 15] анализ корреляционной зависимости между интегральными значениями ψ_s и индексом САК вблизи субполярного фронта (49° с.ш.) показал наличие статистически значимой связи — $r \approx 0,5$ (при уровне значимости $p < 0,05$).

Выводы:

— по данным массива метеорологических данных судовых наблюдений с оптимальным для решаемых задач пространственным разрешением количественно оценены среднемесячные и среднегодовые значения интегрального свердруповского переноса в Северной Атлантике за более чем 25-летний период. Рассчитанное максимальное среднелетнее значение свердруповского переноса составило $-29,8$ Св в субтропическом круговороте для 33° с.ш., что согласуется с расчетами других авторов;

— рассчитан вклад переноса массы, обусловленного горизонтальной свердруповской циркуляцией, в суммарный меридиональный перенос. По имеющим-

ся фактическим данным расхода воды, во Флоридском проливе на 27° с.ш. его доля составляет ~70%;

— впервые вычислены значения зонального свердруповского переноса как сумма по модулю максимальных значений ψ_s в субполярном и субтропическом круговоротах. Этот перенос отражает квазиширотный поток ветровой природы, направленный на восток, среднемноголетнее значение которого равно 48,3 Св. Выявлено, что за 26-летний период произошло увеличение его значений на 18,5%;

— сравнительный анализ значений зонального свердруповского переноса с индексом Североатлантического колебания показал, что оба параметра находятся в тесной взаимосвязи, но с обратной корреляцией (в противофазе), коэффициент корреляции $r = -0,6$. Следовательно, усиление квазиширотного потока (ветровая составляющая) в умеренных широтах

Атлантики сопровождается ослаблением зонального переноса в атмосфере, реализуемого в терминах индекса САК, что подтверждает гипотезу Ж. Бьеркнеса о взаимной компенсации потоков в океане и атмосфере в Северной Атлантике;

— выполненные нами оригинальные исследования зонального свердруповского переноса могут служить основой для дальнейшего изучения сезонной и межгодовой изменчивости интегрального зонального переноса в Северной Атлантике. Результаты, подтверждающие противофазность изменений зональных потоков в атмосфере и в умеренных широтах Северной Атлантики, заставляют искать механизмы взаимного приспособления полей атмосферного давления и реакции океана на ветровое воздействие. Несомненно, неопределимую помощь в выявлении таких процессов могут дать совместные модели атмосферы и океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурков В.А. Общая циркуляция Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 253 с.
2. Дианский Н.А. Моделирование циркуляции океана и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия. М.: Физматлит, 2012. 297 с.
3. Добролюбов С.А., Соков А.В. Роль глубинных вод Северной Атлантики в изменчивости теплообмена океана и атмосферы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2002. № 6. С. 42—48.
4. Климчук Е.И. Пространственно-временная изменчивость меридионального переноса массы в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология. 2013. № 2. С. 65—74.
5. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика: В 2 т. Т. 1. М.: Мир, 1984. 398 с.
6. Atkinson C.P., Bryden H.L., Hirschi J.J.-M., Kanzow T. On the variability of Florida Straits and wind driven transports at 26 °N in the Atlantic Ocean // Ocean Sci. Discuss. 2010. Vol. 7 (2). P. 919—971.
7. Bjerknes J. Atlantic air-sea interaction. Advances in Geophysics. Vol. 10. N.Y.: Academic Press, 1964. P. 1—82.
8. Buning C.W., Isemer H.J. Monthly mean wind stress and Sverdrup transports in the North Atlantic: A comparison of the Hellerman-Rosenstein and Isemer-Hasse climatologies // J. Phys. Oceanogr. 1991. Vol. 21. P. 221—235.
9. Curry R.G., McCartney M. Ocean gyre circulation changes associated with the North Atlantic Oscillation // J. Phys. Oceanogr. 2001. Vol. 31. P. 3374—3400.
10. DiNezio P.N., Gramer L.J. Observed interannual variability of the Florida Current: wind forcing and the North Atlantic Oscillation // J. Phys. Oceanogr. 2009. Vol. 39, N 3. P. 721—736.
11. Godfrey S.J. A Sverdrup model of the depth-integrated flow for the world ocean allowing for island circulations // Astrophys. Fluid Dyn. 1989. Vol. 45. P. 89—112.
12. Griffies S.M., Buning C., Bryan F.O. et al. Developments in ocean climate modeling // Ocean Modeling. 2000. Vol. 2. P. 123—192.
13. Hellermann S., Rosenstein M. Normal monthly wind stress over the World Ocean with error estimates // J. Phys. Oceanogr. 1983. Vol. 13. P. 1093—1107.
14. Josey S.A., Kent E.A., Taylor P.K. Wind Stress forcing of the Ocean in the SOC Climatology: comparisons with the NCEP-NCAR, ECMWF, UWM/COADS, and Hellermann-Rosenstein Datasets // J. Phys. Oceanogr. 2002. Vol. 32. P. 1993—2019.
15. Kelly K.A. Heat and mass transport anomalies in the Gulf Stream region. URL: <http://www.aviso.oceanobs.com/fileadmin/documents/OSTST/2007/kelly.pdf> (дата обращения: 16.02.2013).
16. Leetmaa A., Niiler P., Stommel H. Does the Sverdrup relation account for the mid-Atlantic circulation? // J. Mar. Res. 1977. Vol. 35. P. 1—10.
17. Mayer D.A., Weisberg R.H. A description of COADS surface meteorological fields and the implied Sverdrup transports for the Atlantic Ocean from 30 °S to 60 °N // J. Phys. Oceanogr. 1993. Vol. 23. P. 2201—2221.
18. Schmitz W.J., Richardson P.L. On the sources of the Florida Current // Deep Sea Res. 1991. Vol. 38. P. 379—409.
19. Shaffrey L., Sutton R. Bjerknes compensation and the decadal variability of the energy transports in a coupled climate model // J. of Climate. 2006. Vol. 19. P. 1167—1181.
20. Smith S.D. Wind stress and heat flux over the ocean in gale force winds // J. Phys. Oceanogr. 1980. Vol. 10. P. 709—726.
21. Sverdrup H.U. Wind-driven currents in the barotropic ocean with application to the equatorial currents of the Eastern Pacific // Proc. Nat. Acad. Sci, USA. 1947. Vol. 11. P. 318—326.
22. Townsend T.L., Hurlburt H.E., Hogan P.J. Modeled Sverdrup flow in the North Atlantic from 11 different wind stress climatologies // Dynamics of Atmospheres and Oceans. 2000. Vol. 32. P. 373—417.
23. National Oceanographic Center, UK. URL: <http://www.noc.soton.ac.uk> (дата обращения: 11.10.2008).
24. Climate Prediction Center, NOAA, USA. URL: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 15.03.2011).
25. AOML Physical Oceanography Division, NOAA, USA. URL: <http://www.aoml.noaa.gov/phod/floridacurrent/index.php> (дата обращения: 21.04.2012).

S.A. Dobrolyubov, E.I. Klimchuk

SVERDRUP TRANSPORT IN THE NORTH ATLANTIC

Monthly values of the latitudinal mass transport in the North Atlantic based on the Sverdrup relation are analyzed. A continuous wind stress dataset NOC v 1.1 with a spatial resolution of $1 \times 1^\circ$ for the period of 1980—2005 is used as a basic data. Estimates of the Sverdrup transport values in the area of subtropical gyre showed the maximum of mean annual Sverdrup transport values ($-29,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$) on 33°N . The quasi-latitudinal (zonal) barotropic wind transport values were calculated as a summation of maximum Sverdrup transport values in subtropical and subpolar gyres, and their seasonal and interannual variability was examined. The correlation analysis of the annual values of zonal transport and NAO index indicates a significant inverse correlation ($r = -0,6$), which confirms the Bjerknes' compensation theory suggesting that transports in the ocean and the atmosphere covariate in an out-of-phase manner in the North Atlantic region.

Key words: Sverdrup transport, interannual variability, North Atlantic Oscillation (NAO), North Atlantic.

УДК 551.46

Е.В. Краюшкин¹, А.Н. Демидов²**ГЛОБАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОХАЛИННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЕЖУТОЧНЫХ, ГЛУБИННЫХ И ДОННЫХ ВОДНЫХ МАСС В ЮЖНОЙ АТЛАНТИКЕ³**

По данным повторяющихся трансатлантических разрезов в Южной Атлантике показано, что на фоне общего потепления толщи вод глубже 500 м основные водные массы региона имеют разнонаправленные тенденции векового изменения средней температуры и солёности. Показано увеличение средней температуры Антарктической промежуточной водной массы в Южной Атлантике, в то время как средняя температура Антарктической донной водной массы уменьшается с начала века. Определены оптимальные параметры интерполяции средних значений температуры и солёности вод по данным измерений трансатлантических экспедиций в начале и середине XX в.

Ключевые слова: изменение климата, водные массы, Атлантический океан, интерполяция океанологических данных.

Введение. В глобальном плане зафиксировано изменение средней температуры воздуха Земли на $0,61 \pm \pm 0,16$ °С с 1861 по 2000 г. [11]. Значительное увеличение средней температуры поверхности планеты во многом объясняется естественными колебаниями климатической системы Земли. При этом известно, что на естественную составляющую глобальных изменений климата планеты накладывается и антропогенная составляющая. Внутренняя динамика климатической системы обусловлена прежде всего взаимодействием атмосферы с океаном, в глубинных слоях которого возможны межгодовые колебания характеристик. Эта проблема приобрела актуальность в конце XX в. при разработке концепции глобального межокеанского конвейера [9] и осознании вклада глубинной циркуляции вод в глобальное перераспределение тепла и влаги на планете [5].

Постановка проблемы. Одной из первых глобальных исследований, посвященных выявлению многолетней изменению теплозапаса вод Мирового океана, стала работа [16] с последующим переизданием [17], в которой выявлено значительное потепление толщи вод 0—3000 м в Мировом океане на $0,037$ °С, в частности в Южной Атлантике на $0,056$ °С с середины XX в. Однако впоследствии этот вывод был подвергнут сомнению в работе [15] из-за значимых погрешностей обрывных зондов (ХВТ). Потепление поверхностного и подповерхностного слоя вод Мирового океана начиная с конца XX в. выявлено и в работах [7, 19]. В работах [6, 20] рассмотрены отдельные водные массы антарктического происхождения в Атлантическом

океане и опять же установлено увеличение температуры вод.

В настоящее время активно разрабатывается метод оценки изменения температуры и солёности глубинных вод с применением натуральных экспедиционных измерений на повторяющихся трансатлантических разрезах [10, 21]. В работе [13] по данным повторяющихся разрезов показано, что на фоне общего потепления поверхностной и промежуточной структурной зон Атлантического океана средние значения температуры глубинных и донных вод имеют тенденцию к уменьшению. По результатам эксперимента в Экваториальной Атлантике [18] показано, что Антарктические донные воды испытывают незначительное уменьшение температуры в начале XXI в., хотя для канала Вима (32° ю.ш.) характерна тенденция к повышению температуры за этот период [20].

На настоящий момент не существует единого мнения о характере многолетнего изменения температуры и теплозапаса глубинных вод как Мирового океана в целом, так и Атлантического в частности. В большинстве опубликованных работ выявлено потепление всей толщи вод Атлантического океана, однако в некоторых исследованиях [13, 15, 18] показано, что с начала XX в. и по настоящее время тенденции изменения средней температуры отдельных глубинных слоев Мирового океана не согласуются с общим выявленным трендом.

Основная цель работы заключается в определении тенденций многолетнего изменения средней температуры и солёности водных масс и всей толщи вод

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, аспирант; e-mail: box_evk@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, ст. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: tuda@mail.ru

³ Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы (Соглашение № 8327 от 20.8.2012), а также при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 11-05-00634, 13-05-00972) и РГО-РФФИ (грант № 13-05-41374).

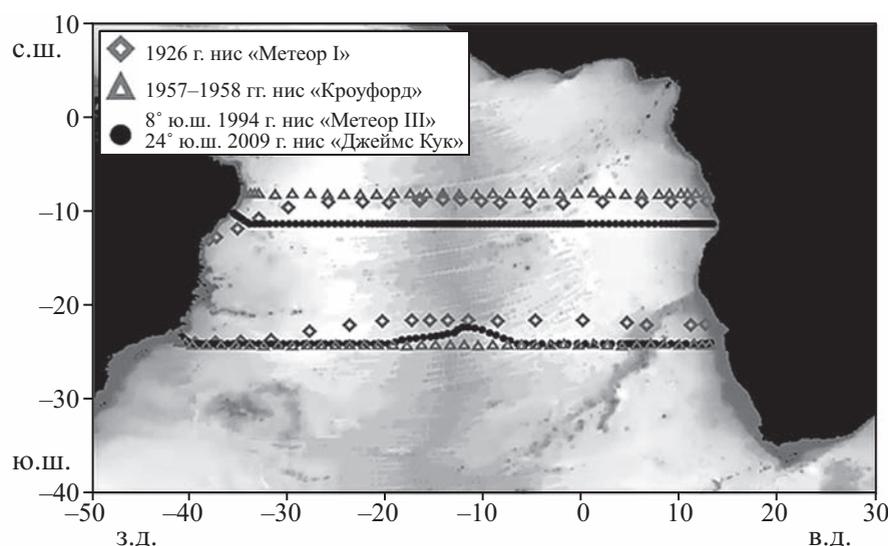


Рис. 1. Схема расположения станций изученных трансатлантических разрезов

ниже 500 м по данным экспедиционных измерений, проведенных в Южной Атлантике.

Материалы и методы исследования. Расчет средних значений термохалинных характеристик водных масс проводился по данным трансатлантических разрезов, выполненных в Южной Атлантике в пределах 8–11° и 22–24° ю.ш. (рис. 1).

В пределах 8–11° ю.ш. были выполнены 3 трансатлантических разреза: на научно-исследовательских судах (НИС) “Метеор I” в 1927 г., “Кроуфорд” в 1957 г. в течение Международного геофизического года (МГГ) и в 1994 г. на НИС “Метеор III” в рамках международного проекта “World Ocean Circulation Experiment” (WOCE). В широтном интервале 22–24° ю.ш. также выполнены 3 разреза: на НИС “Метеор I” в 1926 г., “Кроуфорд” в 1957 г. в ходе МГГ и в 2009 г. на НИС “Джеймс Кук” в рамках WOCE. Все представленные данные находятся в открытом доступе в базе данных World Ocean Database 2009 (WOD09) [8].

В ходе экспедиций в начале века на НИС “Метеор I” температуру в толще вод определяли при помощи пары опрокидывающихся термометров, срабатывавших одновременно, с градуировкой через 0,05 °С для измерений в глубинной части профиля. Пробы воды отбирали батометрами Нансена, а величину солености определяли методом титрования азотнокислым серебром с погрешностью $\pm 0,01\text{‰}$ [13]. Измерения температуры на НИС “Кроуфорд” также проводили при помощи опрокидывающихся термометров с погрешностью $\pm 0,01$ °С, а погрешность измерения солености с использованием титрования составляла $\pm 0,005\text{‰}$ в диапазоне солености 34,0–36,0‰ [12]. Измерения в конце XX — начале XXI в. с использованием современных STD-зондов и стандартизированных методик отбора проб, а также единой шкалы зависимости удельного сопротивления датчиков зонда от температуры и электропроводности вод (Международная шкала температуры 1990 г., МШТ-90 и

Шкала практической солености 1978 г., ШПС-78) позволили уменьшить погрешности измерений температуры до $\pm 0,002$ °С и солености до $\pm 0,003$ епс (единицы практической солености) [11]. (Смена методики измерений солености от прямого определения массы солей, содержащихся в морской воде, на косвенное определение через электрическое сопротивление чувствительного элемента повлекла за собой смену единиц измерения солености от промилле к единицам практической солености.)

Немаловажная проблема при сопоставлении современных и исторических массивов данных заключалась в несовпадении шкал определения термохалинных параметров. Однако по результатам работ зарубежных авторов возможное расхождение из-за несоответствия современной шкалы солености ШПС-78 с измерениями солености при помощи титрования не превышает 0,01‰ (в среднем 0,0016‰), что на порядок ниже точности определения солености во время экспедиций на НИС “Метеор I” и “Кроуфорд”. Разница между МШТ-90 и шкалой, использовавшейся для приведения измерений ртутными термометрами для вод с температурой < 10 °С, не превышает 0,003 °С [13]. Вышеприведенные погрешности измерений в дальнейшем использовали для расчета доверительных интервалов средних рассчитанных значений температуры и солености изучаемых водных масс. Так как инструментальная погрешность измерения представляет собой случайную величину, то и ошибка определения среднего значения будет подчиняться нормальному закону распределения.

Водные массы. В работе рассмотрены основные водные массы Южной Атлантики: Антарктическая промежуточная (ААПВ), Североатлантическая глубинная (САГВ) и Антарктическая донная (ААДВ). ААПВ формируется на периферии субантарктического фронта в Южном полушарии во всех океанах. ААПВ в Южной Атлантике повсеместно отождествляется

с минимумом солености и максимумом содержания биогенных элементов [3]. В южной части Атлантического океана можно выделить также Верхнюю циркумполярную водную массу с локальным минимумом температуры, однако из-за незначительности толщины ее слоя (~100 м) авторами статьи она отнесена к слою ААПВ.

САГВ в Южной Атлантике представляет собой продукт смешения и трансформации вод, периодически опускающихся в море Лабрадор, и более плотных вод, поступающих в Атлантический океан через Исландско-Шетландские, Фареро-Шетландские пороги и Датский пролив. Смешиваясь и распространяясь на юг, они испытывают существенное влияние Средиземноморских вод и консолидируются в единую водную массу с отличительным локальным максимумом солености в ядре.

ААДВ в Южной Атлантике к северу от 30–40° ю.ш. представляет собой собирательное название смеси наиболее плотных вод открытой части Мирового океана — глубинных вод моря Уэдделла и Нижней циркумполярной водной массы. ААДВ имеет пониженную соленость и минимальное значение температуры вод у дна [20].

Границы водных масс в регионе исследования определяли методом локализации максимальных вертикальных градиентов температуры и солености вод в поле нейтральной плотности (γ_n) на разрезах WOCE. ААПВ расположена в слое с $\gamma_n = 27,25 \div 27,76$; САГВ — $\gamma_n = 27,76 \div 28,16$ в Западном бассейне Атлантического океана и $\gamma_n = 27,76 \div 28,15$ в Восточном. ААДВ расположена только в Западном бассейне ниже изопикны $\gamma_n = 28,16$. Положение границ водных масс согласуется с результатами работы [3].

Метод определения средних значений. Основную трудность в работе с историческими массивами данных для определения по ним средних значений термохалинных характеристик водных масс представляет не бóльшая погрешность исторических измерений, а их недостаточное пространственное разрешение (рис. 2).

Во время экспедиций на НИС “Метеор I” и “Кроуфорд” пробы отбирали батометрами, измерения имеют грубое пространственное разрешение как по глубине, так и по частоте станций. Как видно на рис. 2, в 1958 г. измерений глубже слоя с $\gamma_n = 27,25$ было существенно больше, чем в 1926 г. (691 против 273), однако в обоих случаях измерений на порядки меньше, чем при современном STD-зондировании после применения алгоритмов приведения данных (160 958 измерений на разрезе). Недостаточное пространственное разрешение ведет к появлению значительных погрешностей при определении средних параметров из-за трудоемкости интерполяции по недостаточному объему данных и появление систематических погрешностей. Так как у дна измерения батометрами отсутствуют, то эти области не учитываются при определении среднего значения или в зависимости от выбранного метода получаются в результате экстраполяции, что, в частности, ведет к завышению значений средней температуры Антарктической донной водной массы.

В настоящее время для нахождения многолетнего изменения термохалинных параметров значение определяется непосредственно в ядре водной массы, как, например, в [21]. Однако при использовании данных исторических разрезов с малым пространственным разрешением невозможно точно установить, попали ли точки измерений в область наиболее выраженного ядра водной массы, тем более в глубинной части профиля. Авторы статьи многолетнее изменение определяли путем нахождения средних значений термохалинных параметров во всем слое распространения изучаемой водной массы, ограниченном изопикническими поверхностями. Для расчета средних значений применяли программный пакет Golden Software Surfer 8 [22], в котором можно проводить интерполяцию значений неравномерно распределенных измерений в узлы регулярной сетки с последующим расчетом средних значений величин.

По данным работ [1, 4] наиболее подходящим методом интерполяции океанологических полей ока-

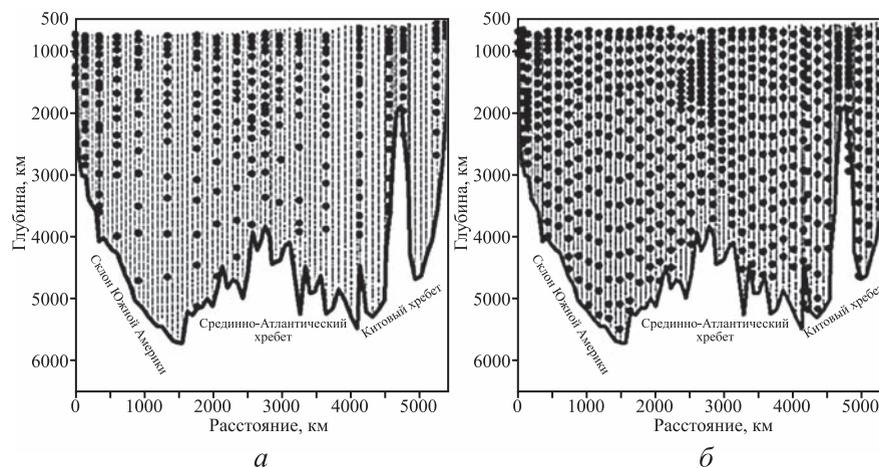


Рис. 2. Пространственное распределение всех точек STD-измерений в 2009 г. на 24° ю.ш. и точек STD-измерений в координатах отбора проб при помощи батометров (черные кружки) в пределах 500 м — дно: а — в 1926 г. б — в 1957 г.

зался метод крайгинга. Наиболее полное математическое описание этого метода представлено в работе [2], метод имеет несколько входных параметров, и их варьирование значительно меняет расчетное среднее значение. Отсюда первостепенной задачей при расчете средних значений было нахождение наиболее оптимальных параметров интерполяции для измерений в точках взятия проб батометрами и расчета возникающих погрешностей интерполяции. Для определения ошибки интерполяции выполнены тестовые расчеты, в которых изначально определяли среднее значение по всем данным STD-измерений и принимали его в качестве истинной величины.

Затем из данных STD-зондирования выбирали точки измерений, совпадающие по глубине и долготе с измерениями в рейсах на НИС “Метеор I” и “Кроуфорд” (рис. 2, черные кружки). По данным STD-измерений только в координатах измерений на заданных горизонтах, выполненных батометрами, проводили те же самые тесты с варьированием параметров интерполяции и определяли возникающую погрешность, при которой расчетное значение средней температуры и солёности находится ближе всего к принятому истинному значению по всем STD-измерениям.

В некоторых случаях подобрать параметры интерполяции с получением истинного значения не удалось, и при дальнейших расчетах средних значений по измерениям 1926 и 1957 гг. вводились установленные погрешности интерполяции, что позволяет говорить об отсутствии ошибки интерполяции при определении средних параметров в 1926 и 1957 гг., за исключением неточности определения истинного значения, для температуры не превышающего 0,001 °С, а для солёности — 0,005 епс.

На первом этапе исследованию подверглись параметры интерполяции метода крайгинга, т.е. число узлов расчетной сетки, радиусы интерполяции, параметры секторов поиска и минимальное число точек измерений, участвующих в интерполяции. Исследования проводили на всем разрезе без разбиения на водные массы. В дальнейшем выполняли тестовые расчеты определения погрешностей интерполяции в каждой из изучаемых водных масс. Результаты проведенных тестов представлены в табл. 1 и 2.

Результаты тестов показали, что изменение параметров расчетной сетки после превышения частоты 200×200 узлов практически не влияет на качество расчета среднего значения. Намного больше влияет параметр радиуса эллипса поиска точек: при уменьшении

Таблица 1

Пример определения оптимальных параметров интерполяции для расчета среднего значения температуры и солёности вод для всего разреза, выполненного на НИС “Метеор I” в 1926 г. и “Кроуфорд” в 1958 г. на 22–24° ю.ш.

Расчетная сетка (число точек в двух плоскостях)	Радиус интерполяции (по горизонтали км / по вертикали м)	Параметры секторов поиска (число секторов / минимально необходимое число данных)	Температура, °С	Солёность, епс	Погрешность температуры, %	Погрешность солёности, %
Расчет 100%-го значения по всем STD-измерениям в 2009 г.						
200×200	200 / 200	4 / 8	2,706	34,775	0,0	0,00
<i>Расчет значений по STD-измерениям в координатах измерений 1926 г.</i>						
200×200	200 / 200	4 / 8	4,293	34,426	37,0	1,01
200×200	700 / 700	4 / 8	3,143	34,759	14,0	0,05
600×600	700 / 700	4 / 8	3,141	34,760	14,0	0,05
200×200	700 / 700	1 / 1	2,805	34,775	4,0	0,01
200×200	500 / 500	1 / 1	2,781	34,776	3,0	0,01
200×200	3000 / 300	1 / 1	2,780*	34,775	2,7	0,01
Расчет значений по STD-измерениям в координатах измерений 1957 г.						
200×200	400 / 400	1 / 1	2,717	34,777	0,5	0,01
200×200	500 / 500	1 / 1	2,717	34,777	0,5	0,01
200×200	2000 / 500	1 / 1	2,724	34,777	0,7	0,01
200×200	3000 / 300	1 / 1	2,712	34,776	0,3	0,01
200×200	4000 / 1000	1 / 1	2,715	34,776	0,4	0,01

* Полужирным выделено 100%-е значение STD-измерений и наиболее близкие к нему значения интерполяции по данным батометров.

Таблица 2

Определение погрешностей интерполяции с использованием найденных оптимальных параметров интерполяции для расчета среднего значения температуры и солёности вод с разбиением на водные массы для всего разреза, выполненного на НИС “Метеор I” в 1926 г. и “Кроуфорд” в 1958 г. на примере широтного интервала 22—24° ю.ш.

Водная масса	100%-е значение по всем STD-измерениям		Погрешности определения в 1957 г.		Погрешности определения в 1926 г.	
	Западный бассейн	Восточный бассейн	Западный бассейн	Восточный бассейн	Западный бассейн	Восточный бассейн
Температура, °C						
ААПВ	4,472	4,316	0,000	0,021	0,132	0,258
САГВ	2,642	2,447	0,001	0,000	-0,013	-0,047
ААДВ	0,762	—	-0,075	—	-0,042	—
Солёность, епс						
ААПВ	34,449	34,474	-0,003	-0,003	0,000	0,003
САГВ	34,880	34,858	0,000	0,000	0,005	0,002
ААДВ	34,754	—	-0,005	—	0,005	—

числа точек измерений радиус интерполяции должен увеличиваться, а наилучшие результаты получены на переопределенной величине горизонтального радиуса (до 3000 км). Значительный вклад вносит также и минимальное число точек, при котором происходит интерполяция. Для сильно разреженных данных необходимо учитывать все точки измерений, даже если только всего одна из них попала в эллипс поиска.

Для широтного интервала 8—11° ю.ш. применяли аналогичные параметры интерполяции. В результате удалось получить сходные величины относительной погрешности после проведения интерполяции по недостаточному объему данных — для 1926 г. 2,7% по температуре и 0,01% по солёности; для 1957 г. 0,3% по температуре и 0,01% по солёности.

На заключительном этапе работы рассчитаны погрешности для каждого разреза. Ошибки при расчете среднего значения включают в себя инструментальную случайную ошибку измерений и систематическую ошибку несовпадения шкал измерений в исторических массивах данных, а при современных STD-измерениях еще и случайную ошибку определения среднего значения по этим измерениям. Квадратические значения случайных ошибок складывали и к ним добавляли систематическую ошибку на несовпадение шкал измерений, в результате чего определяли доверительные интервалы средних значений температуры и солёности. Инструментальная погрешность составляет 60—70% от общей погрешности, поправка на несовпадение шкал измерений вносит 20—30%. Ошибка определения 100%-го значения параметра, по новейшим STD-данным, составляет около 10%.

После расчета величины среднего значения параметра по слою по данным исторических массивов вводили поправку на интерполяции (табл. 2). Ошибка интерполяции для температуры вод в большинстве случаев равна инструментальной ошибке измерений,

однако для отдельных водных масс она составляет 200—300% от величины инструментальной погрешности. Возможная ошибка интерполяции среднего значения солёности не превышает величину инструментальной погрешности измерений солёности по историческим массивам данных.

Нами впервые для такого рода работ рассчитана ошибка, возникающая вследствие несовпадения положения станций разрезов (рис. 1) и наличия градиента температуры и солёности между разрезами, выполненными на разных широтах. Поправку на широтный градиент на протяжении линии разреза определяли при помощи Климатического атласа Мирового океана [14], из которого выбирали многолетние среднелиматические значения температуры и солёности в рассматриваемых точках измерений на всех разрезах в пределах широтного интервала, а затем вводили поправку в расчеты величины изменения. Другими словами, разрезы в пределах одного широтного интервала номинально приводили к одной широте с учетом соответствующих среднелиматических градиентов (табл. 3). Полученные результаты показывают, что разница температуры и солёности в результате несовпадения линий разрезов, как будет показано ниже, вносит значительную погрешность, в некоторых случаях равную величине многолетнего изменения или даже превышающее.

Результаты исследований и их обсуждение. Расчет многолетнего изменения средних параметров водных масс выполняли отдельно для Западного и Восточного бассейнов Атлантического океана. Западный бассейн характеризуется более интенсивной динамикой вод и большим изменением параметров, чем Восточный. Также необходимо отметить, что на рассматриваемых разрезах Антарктическая донная водная масса присутствует только в Западном бассейне.

Таблица 3

Широтные градиенты изменения температуры и солёности для основных водных масс Южной Атлантики номинально на 8° и 24° ю.ш. за разные периоды (с учетом поправки на широтный градиент)

Широта, годы	ААПВ		САГВ		ААДВ
	Западный бассейн	Восточный бассейн	Западный бассейн	Восточный бассейн	Западный бассейн
Изменение температуры, °С					
8° ю.ш., 1926—1957	0,192	0,036	-0,045	-0,060	-0,104
8° ю.ш., 1957—1994	0,038	-0,145	0,038	0,202	-0,063
24° ю.ш., 1926—1958	0,068	-0,009	0,016	0,062	-0,066
24° ю.ш., 1958—2009	0,034	-0,004	0,009	-0,029	-0,076
Изменение солёности, епс					
8° ю.ш., 1926—1957	0,031	0,047	-0,009	0,009	-0,020
8° ю.ш., 1957—1994	-0,015	0,000	-0,007	0,012	0,001
24° ю.ш., 1926—1958	0,030	0,008	0,005	0,008	-0,004
24° ю.ш., 1958—2009	-0,012	0,002	-0,001	-0,008	-0,015
Поправка на широтный градиент температуры, °С					
8° ю.ш., 1926—1957	-0,012	-0,031	-0,002	-0,036	0,015
8° ю.ш., 1957—1994	-0,011	-0,012	-0,018	-0,084	0,017
24° ю.ш., 1926—1958	0,020	0,000	0,019	0,011	-0,033
24° ю.ш., 1958—2009	-0,006	-0,003	0,010	0,033	0,034
Поправка на широтный градиент солёности, епс					
8° ю.ш., 1926—1957	-0,012	-0,001	-0,001	-0,001	0,002
8° ю.ш., 1957—1994	-0,027	-0,001	-0,002	-0,018	0,002
24° ю.ш., 1926—1958	-0,016	-0,024	0,016	0,013	-0,003
24° ю.ш., 1958—2009	0,006	0,005	0,000	0,005	0,003

Результаты расчетов изменения показаны на рис. 3 и 4. В слое ААПВ в Западном бассейне наблюдается устойчивый рост температуры вод на обоих разрезах. На 8° ю.ш. прослеживается тенденция к увеличению средней температуры вод с 1926 по 1994 г. на $+0,279 \pm 0,01$ °С, для 24° ю.ш. также наблюдается увеличение средней температуры ААПВ на $+0,124 \pm 0,01$ °С с 1926 по 2009 г. в расчете на 100 лет. В Восточном бассейне явной тенденции к увеличению или уменьшению температуры ААПВ не выявлено, а ее изменение сопоставимо с точностью определения средней температуры. Результаты расчетов работы [6] также показывают повышение средней температуры ААПВ, однако величина изменения составляет $+0,402$ °С на 8° ю.ш. и $+0,391$ °С на 24° ю.ш. Изменение солёности в ААПВ в Западном бассейне не имеет явно выраженного тренда, однако на обоих параллелях характер изменения одинаков: в последнее столетие средняя солёность вод увеличилась незначительно — на $+0,019 \pm 0,01$ епс на 8° ю.ш. и на $+0,022 \pm 0,01$ епс на 24° ю.ш.

В Восточном бассейне на 8° ю.ш. отмечается существенное увеличение средней солёности ААПВ — на $+0,058 \pm 0,01$ епс, однако на 24° ю.ш. изменение средней солёности находится в пределах точности измерений.

Изменение средней температуры САГВ в Западном бассейне не имеет явно выраженной тенденции и находится в пределах точности измерений. В Восточном бассейне на 8° ю.ш. с 1926 по 1994 г. прослеживается значительное увеличение температуры на $+0,171 \pm 0,01$ °С, однако для середины XX в. отмечено незначительное уменьшение средней температуры. Изменение солёности САГВ лежит в пределах точности определения среднего значения, поэтому невозможно говорить об опреснении или осолонении вод на обоих параллелях как в Западном, так и в Восточном бассейне.

ААДВ, прослеживаемая только в Западном бассейне, имеет явно выраженную тенденцию к уменьшению средней температуры с начала XX в. на обоих разрезах. На 24° ю.ш. температура уменьшилась на

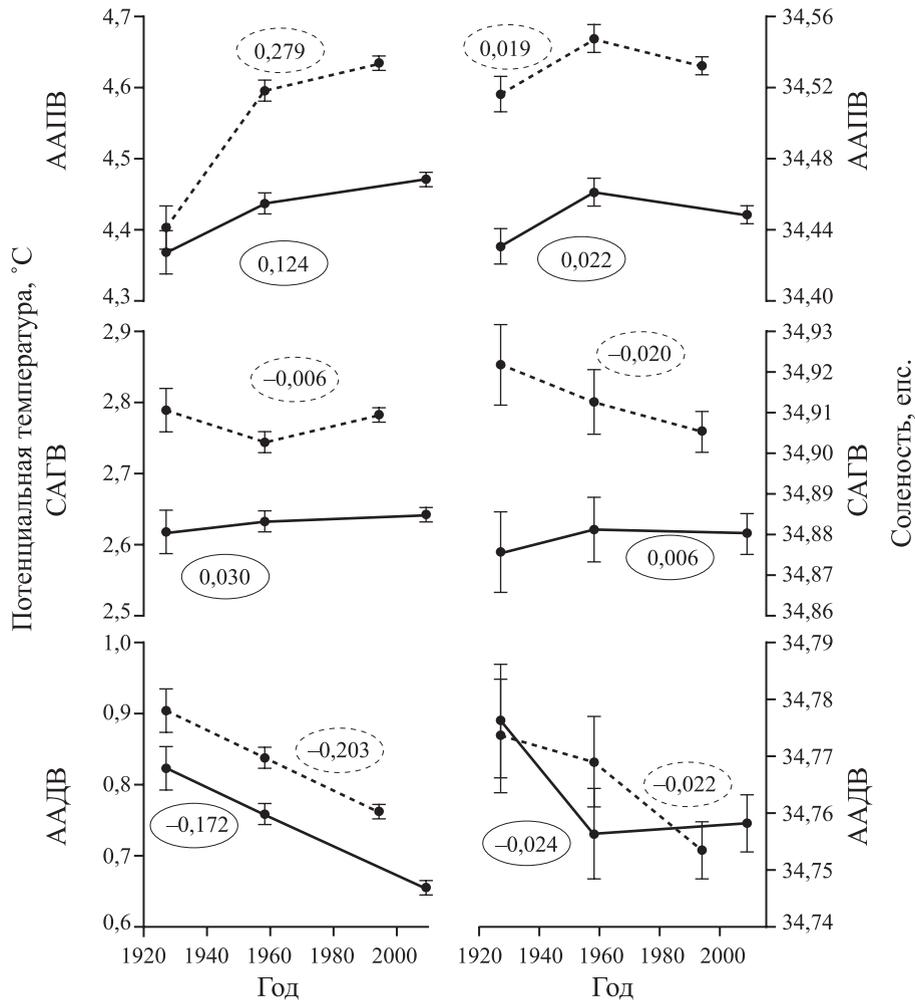


Рис. 3. Многолетнее изменение температуры и солености ААПВ, САГВ, ААДВ в Западном бассейне Атлантического океана. Сплошная линия — расчет для 24° ю.ш., пунктирная — для 8° ю.ш. В кругах нанесена величина изменения параметров между новейшими измерениями и данными НИС "Метеор" в расчете за 100 лет

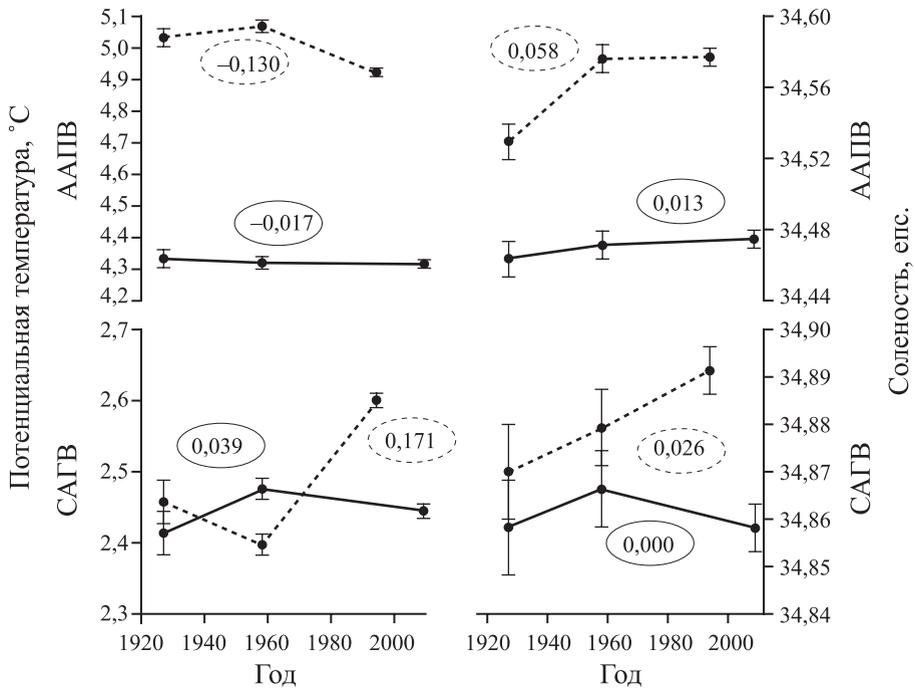


Рис. 4. Многолетнее изменение температуры и солености основных водных масс в Восточном бассейне Атлантического океана. Обозначения см. на рис. 3

$-0,172 \pm 0,01$ °С, а на 8° ю.ш. — на $-0,203 \pm 0,01$ °С. Соленость ААДВ (в отличие от температуры вод) не имеет четко выраженной тенденции к изменению и расположена в пределах точности определения среднего значения. Величины изменения представлены в табл. 3.

В общем весь промежуточный, глубинный и донный слои вод Южной Атлантики имеют тенденцию к потеплению на $+0,065$ °С на 8° ю.ш. и осолонению на $+0,008$ епс; на 24° ю.ш. увеличение средней температуры этих слоев вод составило $+0,012$ °С, а солености — на $+0,002$ епс.

Выявленные тенденции в вековом изменении средних значений океанологических параметров можно объяснить несколькими причинами: во-первых, изменением климатических условий в районе образования водной массы и способностью водных масс нести в себе “законсервированный” климатический сигнал тех атмосферных условий, которые были в момент их образования. Однако помимо изменения климатических условий на многолетнее изменение средней температуры и солености промежуточных, глубинных и донных вод могут влиять косвенные причины, а именно разная скорость и время распространения воды от источника образования до исследуемого региона, а также интенсивность трансформации вод глубинной части Мирового океана в процессе перемешивания с окружающими водными массами.

Выводы:

— судовые измерения на повторяющихся разрезах в настоящее время представляют собой один из наиболее эффективных методов оценки многолетнего изменения термохалинных характеристик водных масс глубинной структурной зоны океана из-за полного отсутствия каких-либо других типов измерений, пересекающих весь океан и охватывающих практически вековой период;

— показана важность определения широтного градиента из-за несовпадения положения разрезов, что для подобного рода работ сделано впервые. В отдельных случаях значение широтного градиента сопоставимо со значением изменения и даже превышает его;

— определены оптимальные параметры интерполяции значений исторических измерений в узлы регулярной сетки при помощи программного пакета

Golden Software Surfer с последующим получением наиболее достоверных средних значений океанологических параметров. Наиболее оптимальным методом интерполяции оказался метод крайгинга со следующими параметрами: расчетная сетка с числом узлов 200×200 , вертикальный радиус 300 м, горизонтальный 3000 км. Результаты тестов свидетельствуют о том, что при расчете среднего значения температуры по слою в глубинной части океана, по историческим данным, необходимо дополнительно вводить поправку на погрешность интерполяции (величина относительной ошибки определения среднего значения без учета поправки может достигать 3—4% и в несколько раз превышать инструментальную погрешность измерений). Однако использование оптимальных параметров интерполяции пригодно для восстановления среднего значения солености по слою в глубинных водах без дополнительного внесения поправки на интерполяцию, так, величина возникающей ошибки не превышает 0,01%, что находится в пределах точности измерения солености в то время;

— установлены вековые тенденции изменения термохалинных характеристик, т.е. все значения приведены в пересчете на 100 лет. Выявлено потепление Антарктической промежуточной водной массы в Западном бассейне Атлантического океана на $+0,279 \pm 0,01$ °С на 8° ю.ш. и на $+0,124 \pm 0,01$ °С на 24° ю.ш. Эти результаты согласуются с выводами других авторов [6, 13, 17, 21] и свидетельствуют о наличии потепления промежуточных вод Атлантики;

— выявлено уменьшение средней температуры Антарктической донной водной массы на 24° ю.ш. на $-0,172 \pm 0,01$ °С и на 8° ю.ш. на $-0,203 \pm 0,01$ °С. Этот вывод противоречит данным многих предшествующих работ, например [20]. Однако данные наиболее современной работы [18] подтверждают уменьшение средней температуры Антарктической донной водной массы. Изменение температуры Североатлантических глубинных вод незначительно на всех рассмотренных разрезах и не демонстрирует какой-либо тенденции. В целом по результатам исследования вся толща вод глубже 500 м на 8° ю.ш. потеплела на $+0,065$ °С и осолонилась на $+0,008$ епс; на 24° ю.ш. увеличение средней температуры вод составило $+0,012$, а солености — $+0,002$ епс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипкин В.С., Баулин А.В. Об интерполяции океанологических полей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1994. № 3. С. 27—32.
2. Девис Д. Статистика и анализ геологических данных. Т. 2. М.: Мир, 1977. 572 с.
3. Демидов А.Н. О выделении промежуточных и глубинных водных масс в Южной Атлантике // Океанология. 2003. Т. 43, № 2. С. 165—175.
4. Демидов А.Н., Беседин Д.Е. Об интерполяции полей характеристик на океанологических разрезах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2003. № 6. С. 22—27.
5. Добролюбов С.А., Соков А.В. Роль глубинных вод Северной Атлантики в изменчивости теплообмена океана и

- атмосферы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2002. № 6. С. 42—48.
6. Arbic B., Owens B. Climatic Warming of Atlantic Intermediate Waters // J. Phys. Oceanography. 2001. Vol. 14. P. 4091—4108.
7. Barnett T.P., Pierce D.W., Schnur R. Detection of anthropogenic climate change in the World Oceans // Science. 2001. Vol. 292. P. 270—273.
8. Boyer T.P., Antonov J.I., Garcia H. et al. World ocean database 2009. 1 // Introduction, NOAA Atlas NESDIS. 2009. Vol. 66. Silver Spring, Md. WOD2009.
9. Broecker W.S. The great ocean conveyor // Oceanography. 1985. Vol. 4, N 2. P. 79—89.

10. *Cunningham S.A., Alderson S.* Transatlantic temperature and salinity changes at 24.5 N from 1957 to 2004 // *Geophys. Res. Lett.* 2007. Vol. 34. L14606. doi: 10.1029/2007GL029821.
11. *Folland C.K., Rayner N.A., Brown S.J.* et al. Global temperature change and its uncertainties since 1861 // *Geophys. Res. Lett.* 2001. Vol. 28. P. 2621–2624.
12. *Fuglister F.C.* Atlantic Ocean Atlas from the International Geophysical Year of 1957–1958 // Vol. 1. Woods Hole press, 1960.
13. *Gouretski V., Jungclauss J.H., Haak H.* Revisiting the Meteor 1925–1927 hydrographic dataset reveals centennial full-depth changes in the Atlantic Ocean // *Geophys. Res. Lett.* 2013. Vol. 40. P. 1–6. doi: 10.1002/grl.50503.
14. *Gouretski V., Koltermann K.P.* WOCE global hydrographic climatology // *Berl. Bundesamt Seeschiffahrt Hydrogr. Rep.* 2004. Vol. 35. 52 p.
15. *Gouretski V., Koltermann K.P.* How much is the ocean really warming? // *Geophys. Res. Lett.* 2007. Vol. 34. L01610. doi: 10.1029/2006GL027834.
16. *Levitus S.* Interpentadal variability of temperature and salinity in the deep North Atlantic, 1970–1974 versus 1955–1959 // *J. Geophys. Res.* 1989. Vol. 94, N C11. P. 16–125. doi: 10.1029/JC094iC11p16125.
17. *Levitus S., Antonov J.I., Boyer T.P.* et al. World ocean heat content and thermohaline sea level change (0–2000 m), 1955–2010 // *Geophys. Res. Lett.* 2012. Vol. 39. L10603.
18. *Limeburner R., Whitehead J., Cenedese C.* Variability of Antarctic bottomwater flow into the North Atlantic // *Deep-Sea Res. II.* 2005. Vol. 52. P. 495–512.
19. *Lyman J.M., Good S.A., Gouretski V.V.* et al. Robust warming of the global upper ocean // *Nature.* 2010. Vol. 465. P. 20. doi: 10.1038/nature09043.
20. *Morozov E., Demidov A., Tarakanov R., Zenk W.* Abyssal Channels in the Atlantic Ocean. Moscow: Springer, 2010. 266 p.
21. *Sarafanov A., Sokov A., Demidov A.* Water mass characteristics in the equatorial North Atlantic: a section nominally along 6.5N, July 2000 // *J. Geophys. Res.* 2007. Vol. 112. C12023. doi: 10.1029/2007JC004222.
22. *Surfer 8.00* — Surfer mapping system. Golden Software, 1993.

Поступила в редакцию
08.08.2013

E.V. Krayushkin, A.N. Demidov

GENERAL CHANGES OF THERMOHALINE PARAMETERS OF INTERMEDIARY AND BOTTOM WATER MASSES IN THE SOUTH ATLANTIC

Analysis of the data of repeated transatlantic sections in the South Atlantic showed the general warming of water masses below 500 m and the multidirectional centennial changes of mean temperature and salinity of principal water masses in the region. The mean temperature of the Antarctic intermediary water mass in the South Atlantic increases while that of the Antarctic bottom water mass decreases since the beginning of the century. Optimal parameters for the interpolation of mean temperature and salinity values measured during the transatlantic expeditions in the beginning and the middle of the 20th century are determined.

Key words: water masses, temperature, salinity, South Atlantic.

УДК 551.435.3 (470.62)

А.А. Поротов¹, В.И. Мысливец², В.Н. Зинько³, А.В. Зинько³, В.Г. Гайнанов⁴, А.С. Зверев⁵**РАЗВИТИЕ РЕЛЬЕФА ПОБЕРЕЖЬЯ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА
В РАЙОНЕ МЫСА КАМЫШ-БУРУН В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ
(по данным геоархеологических и сейсмоакустических исследований)⁸**

Рассмотрены новые данные о литолого-фациальном строении и геохронологии прибрежных отложений, а также особенности сейсмоакустического строения верхней части прибрежно-морских отложений на разных структурно-геоморфологических участках побережья. Выполнена реконструкция развития рельефа в прибрежной полосе Западного побережья Керченского пролива в позднем голоцене. Исследовано отражение изменений уровня моря за последние 5,0 тыс. лет в литолого-фациальном и сейсмоакустическом строении прибрежно-морских отложений.

Ключевые слова: Керченский пролив, рельеф берегов и морского дна, литология, геохронология, палеогеография.

Введение. Изучение строения и формирования позднеплейстоцен-голоценовых отложений, рельефа дна и берегов Керченского пролива представляет интерес для рассмотрения широкого круга вопросов, связанных с оценкой влияния послеледниковой трансгрессии Черного моря на эволюцию рельефа дна и побережья пролива. В большинстве публикаций, рассматривающих новейшую историю развития Керченского пролива и его побережья [3, 5, 7, 12], вопросам изменения рельефа в позднем голоцене уделено сравнительно мало внимания. Развитие пролива в ходе голоценовой трансгрессии характеризовалось рядом региональных особенностей, которые отразились в истории Азовского моря. Поэтому основные задачи проводимых авторами исследований — детализация палеогеографических рубежей в голоцене Керченского пролива, их хронологическая привязка и корреляция с этапами развития Азовского и Черного морей.

Постановка проблемы. При анализе эволюции морских побережий важную роль играет учет влияния разномасштабных колебаний уровня моря, которые представляют собой суперпозицию трансгрессивно-регрессивных фаз квазициклической природы, различающихся по амплитуде и продолжительности и отражающих климатические ритмы позднего плейстоцена и голоцена. Сложная структура изменений уровня предопределяет необходимость использовать различные методические подходы при изучении позднеплейстоцен-голоценовой истории развития рельефа побережий, а также в качестве одной из основных задач ставит детализацию возрастных рамок отдельных этапов

в развитии рельефа морских побережий для их корреляции с палеоклиматическими событиями.

В статье рассмотрены новые данные о литолого-фациальном строении и геохронологии прибрежных отложений суши, а также особенности сейсмоакустического строения верхней части разреза в разных структурно-геоморфологических участках побережья. Они использованы для реконструкции развития рельефа прибрежной зоны западной части Керченского пролива за последние 5,0 тыс. лет. Метод высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования в сочетании с геологическим изучением прибрежной территории был применен для корреляции комплекса лиманно-морских голоценовых отложений в прибрежной полосе суши с голоценовой толщей прибрежно-морских отложений мелководья, а также для реконструкции развития рельефа в прибрежной полосе Западного побережья Керченского пролива в условиях изменений уровня моря за последние 5,0 тыс. лет.

Материалы и методы исследований. В течение ряда лет на аккумулятивных участках района исследования проводилось бурение прибрежных отложений, при этом основное внимание уделялось изучению строения и истории развития современной Камыш-Бурунской косы и ее древних генераций, образующих обширную низкую террасу в низьях долины р. Черубашка. Скважинный материал изучали с помощью литологического, малакофаунистического и геохронологического анализов, результаты которых позволили провести литолого-фациальное расчленение разреза верхнеголоценовых отложений и выделить основные

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена; *e-mail:* alexey-porotov@ya.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, канд. геогр. н., вед. науч. с.; *e-mail:* myslivets@yandex.ru

³ Центр археологических исследований «Деметра», г. Керчь, докт. ист. н., *e-mail:* zinko@demetra.ua

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра сейсмометрии и геоакустики, докт. геол.-минерал. н., профессор; *e-mail:* zinko@demetra.ua

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии; *e-mail:* sparket@nm.ru

этапы развития этого участка побережья за последние 5,0 тыс. лет. Радиоуглеродное датирование раковинного материала проведено в лаборатории геохронологии СПбГУ. Это часть комплексных археолого-палеогеографических исследований, проводимых на побережье Керченского пролива [4, 5, 15, 16], которые в 2011—2012 гг. были дополнены сейсмоакустическим профилированием на участке прибрежной акватории между косой Тузла и оз. Тобечик [4].

Сейсмические исследования проводились с помощью высокочастотного варианта сейсмоакустического комплекса “Геонт-шельф” производства ООО “Спектр-геофизика”. В качестве сейсмического источника использовали электродинамический источник бумер, буксируемый на катамаране. При визуализации данных сеймопрофилирования был выбран частотный диапазон 1000—2000 Гц и развертка 65 мс. В ходе работ выполнено тридцать сейсмоакустических профилей общей протяженностью до 30 км, расположение которых показано на рис. 1. Полученные сейсмоакустические разрезы имеют глубинность 15—35 м от дна и вертикальное разрешение до 0,3—0,5 м, что позволяет уверенно выделять сеймофации в верхней части осадочной толщи. Для геологической интерпретации сейсмоакустических разрезов использованы полученные в ходе предыдущих исследований материалы о строении прибрежных отложений, а также опубликованные данные.

Рельеф и основные черты геологического строения западного побережья Керченского пролива. Основные черты геологического строения побережья восточной части Керченского полуострова освещены в многочисленных работах, посвященных как Керченско-Таманской зоне [1, 7, 11], так и району Керченского рудного

месторождения [8, 9, 14]. В структурном отношении прибрежная территория района исследований расположена в пределах двух тектонических депрессий — Камыш-Бурунской и Эльтиген-Ортальской, — представлявших на ранних этапах развития единую синклиналичную структуру и разделенных в позднем плиоцене дифференцированными тектоническими движениями. В седловине между ними проходит крупный разлом, фиксируемый на поверхности системой мелких тектонических нарушений, к зоне которых, в частности, приурочена долина р. Черубашка.

Участок побережья к югу от м. Камыш-Бурун расположен в пределах Эльтиген-Ортельской мульды, которая ограничена на севере оз. Черубаш, на юге оз. Тобечик, на западе грядой мшанковых холмов, окаймляющих зону Сокольских куполов. Это весьма простая овальная корытообразная структура, длинная ось которой вытянута с северо-востока на юго-запад на 5,5 км при ширине около 2 км.

Территория к северу от долины р. Черубашка занята Камыш-Бурунской мульдой, которая представляет собой пологую корытообразную складку, ось которой вытянута в субширотном направлении. С севера она ограничена возвышенностью Юзоба, на востоке — береговым обрывом Керченского пролива, на юге — оз. Черубаш. Длина мульды достигает 8 км, ширина 5 км. Центральная часть мульды отличается почти горизонтальным залеганием пластов, а по периферии мульды углы падения несколько больше.

Результаты геологических исследований в районе долины р. Черубашка [9] показали, что она заложена вдоль крупного субширотного Парпач-Таманского разлома; здесь сформирован многоступенчатый грабен, представляющий систему трех субширотных разрыв-



● 1 / 2

Рис. 1. Расположение буровых скважин и сейсмоакустических разрезов

ных нарушений, которые оконтуривают два тектонических блока, опущенные по отношению к южному борту долины. Южный блок по кровле миоцен-плиоценовых отложений опущен по отношению к северному блоку на 25 м [9].

Результаты исследований и их обсуждение. Особенности строения и возраст формирования позднеголоценовых береговых аккумулятивных террас. В пределах района исследований, охватывающего участок побережья и прибрежную акваторию Керченского пролива от оз. Тобечик до пос. Аршинцево, развиты два участка аккумулятивного берега, один из которых приурочен к Камыш-Бурунской косе, а другой — к расположенной южнее мыса Камыш-Бурун Героевской террасе [13]. Они отвечают различным морфоструктурам, характеризующимся разнонаправленными неотектоническими движениями, что отражено в особенностях строения их рельефа и истории развития.

Героевская терраса представляет собой примкнувшую к древнему абразионному уступу аккумулятивную террасу с абсолютными отметками +2,5—3,5 м, шириной 500—600 м и протяженностью до 1,5 км. Материалы проведенного в ходе наших работ бурения показали, что общая мощность слагающих террасу песчаных отложений превышает 15 м и полностью не пройдена. В основании вскрытого разреза залегают серые мелкозернистые пески с редким раковинным детритом. Кровля нижнего песчаного слоя сравнительно выдержана по простиранию и находится на глубине 4,0—4,5 м ниже уровня моря. Выше по разрезу их перекрывает слой крупнозернистых, иногда гравелистых желтовато-серых песков с примесью гальки и раковинного детрита, кровля которого залегает на отметках 0 ... +0,5 м.

В составе фаунистического комплекса (*Ostrea edulis*, *Chione gallina*, *Cardium edule*, *Chlamys glabra*, *Donax trunculus*) преобладает *Chione gallina* (приблизительно 50% общего состава раковин). Радиоуглеродный возраст раковинного материала из верхней части этого слоя составляет 4720 ± 100 , 4030 ± 100 и 4430 ± 80 лет (календарный возраст 4828—5586 лет), что позволяет предварительно охарактеризовать временной интервал формирования этого слоя. К сожалению, небольшое количество раковинного материала в составе песчаных отложений ограничило возможность детальной геохронологической привязки этой толщи. Возможно, что датировки относительно удревлены за счет приноса более “старого” раковинного материала в ходе волнового перемешивания, что определяет необходимость дальнейшего уточнения возраста формирования террасы.

Выше по разрезу морские пески перекрыты пачкой континентальных отложений, представленных буровато-серыми суглинками с включениями раковин пресноводных моллюсков, а также археологического материала античного времени. Культурный слой мощностью 0,3—0,5 м прослеживается в береговом уступе террасы на протяжении более 100 м и содержит фраг-

менты амфор III—II вв. до н.э. На ряде участков видны развалы стен из необработанных известняковых камней средних размеров. Выше расположен стерильный (без керамики и камней) прослой из песка и суглинков мощностью до 0,35 м. Непосредственно под дерновым слоем прослежен золисто-глинистый слой мощностью до 0,2 м, содержащий фрагменты амфор и посуды I—II вв. н.э.; развалов камней не обнаружено.

Верхнюю часть разреза террасы образует тонкий прослой мелкозернистых песков с включениями редких тонкостенных раковин морских моллюсков (1,5—2,7 м над уровнем моря). Эти пески П.В. Федоров [13] отнес к нимфейской трансгрессивной фазе голоценовой трансгрессии Черного моря. Их перекрывают золотые пески, слагающие невысокие дюнные массивы. Молодой возраст трансгрессивных песков подтвержден радиоуглеродной датировкой раковинного материала из этого слоя, составившей 1040 ± 80 лет [2].

Низовья долины р. Черубашка, часть которой занята современным оз. Черубаш, отделены от моря низкой морской террасой. Она образована серией древних генераций Камыш-Бурунской косы, формировавшихся в ходе последовательного выполнения залива на месте устьевой зоны Черубашского лимана. Средняя ширина зоны аккумуляции и как следствие выдвигания береговой линии в Камыш-Бурунском заливе 2—2,5 км. Современная Камыш-Бурунская коса представляет собой наиболее молодую генерацию береговых валов.

Результаты изучения строения прибрежных отложений, слагающих Камыш-Бурунскую террасу (рис. 2), показали, что она с поверхности сложена толщей относительно крупнозернистых детритовых песков серо-коричневого цвета мощностью 4—6 м. Присутствующий раковинный материал представлен редкими целыми окатанными раковинами и раковинным детритом, несущим черты переотложения. Фаунистический комплекс представлен широким набором видов, характерных для позднеголоценовых отложений Керченского пролива: *Ostrea edulis*, *Chione gallina*, *Cardium edule*, *Chlamys glabra*, *Donax trunculus*. Толща детритовых песков, слагающих древние береговые валы, подстилается слоем мелкозернистых, хорошо сортированных серых песков с редкими раковинами *Chione gallina*.

Мощность песчаного слоя возрастает от 2—3 м во внутренней, прилежащей к коренному берегу части аккумулятивной террасы до 4—5 м во внешней приморской ее части. Кровля песчаного слоя залегает на абсолютных отметках 3,0—5 м ниже уровня моря и относительно выдержана по всей площади палеозалива. Во внутренней части аккумулятивной террасы вблизи коренного берега скважинами вскрыты прослой раковинного материала хорошей сохранности мощностью до 0,5 м. В целом подобная литологическая последовательность в строении верхней части разреза аккумулятивной террасы отражает смену песчаных отложений мелководного залива с глубиной 0,5—1,5 м на более грубозернистые детритовые пески

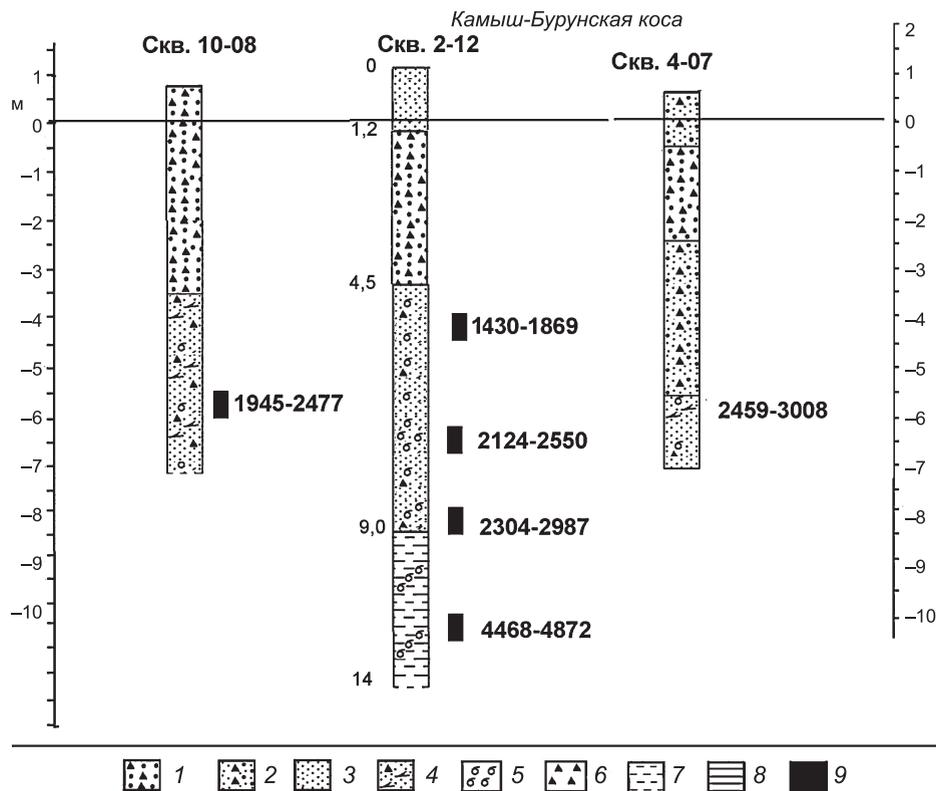


Рис. 2. Строение прибрежных отложений в вершине Камыш-Бурунского залива. Расположение скважин см. на рис. 1: 1 — грубозернистые пески с раковинным детритом и галькой; 2 — мелкозернистые пески с раковинами; 3 — пески алевритовые; 4 — алевриты с раковинами; 5 — раковины моллюсков; 6 — раковинный детрит; 7 — илы мелкоалевритовые; 8 — доголоценовые глины; 9 — положение образцов раковин, датированных ^{14}C , и их возраст

береговых валов, слагающие древние генерации Камыш-Бурунской косы.

Современная генерация косы с поверхности и до глубины 4—5 м сложена толщей разнозернистых детритовых песков коричневого цвета. Их подстилает толща мелкозернистых однородных серых песков с редкими раковинами хорошей сохранности, мощность которых превышает 4—6 м. Ниже вскрывается слой алевритовых илов с прослоями песка и раковинного материала мощностью 8—10 м. В основании вскрытого разреза аккумулятивной террасы залегают коренные суглинки и глины, а во внешней части, прилегающей к современной Камыш-Бурунской косе, — илистые отложения с раковинным материалом.

Строение прибрежно-морских отложений по сейсмоакустическим данным. К востоку от Камыш-Бурунской косы в открытой акватории Керченского пролива осадочную толщу можно разделить на три сейсмофации (рис. 3).

А. Верхняя сейсмофация представлена небольшими линзовидными телами либо тонким (до 2—3 м) слоем хаотичных отражений. Очевидно, соответствующие осадки накапливались в современных условиях.

Б. В средней сейсмофации наблюдается характерная косая слоистость, что свидетельствует о прибрежной обстановке осадконакопления. На записях видны три валообразных аккумулятивных тела высотой до 3 м и шириной до 200 м. Вполне возможно, что

это реликты изначальной Камыш-Бурунской косы, которая ранее занимала более восточное положение. Подошва сейсмофации — региональное несогласие в виде поверхности размыва, скорее всего, фанаторийского возраста.

В. Нижняя сейсмофация на большинстве профилей экранирована аномалиями типа “яркое пятно” с мощной акустической тенью. Кроме того, характерная особенность всего разреза в целом — сильное кратное отражение от поверхности дна, что в ряде случаев затрудняет интерпретацию.

Профиль 4-11 протягивается вдоль северной половины косы по глубине на профиле 2—4 м, характеризует изменения строения верхней части осадочной толщи по направлению от дистального окончания косы к ее прикорневой части.

В районе дистальной части косы верхний слой осадков образован серией полого падающих на север прослоев, ниже которых на глубине 3—4 м фиксируются отражения, напоминающие поверхность размыва и срезающие косослоистую толщу. Слои также падают на север под пологими углами; в северной половине профиля часть их выдержана по мощности, южнее слои менее выдержаны и падают круче. На глубине 6—10 м присутствует отчетливо выраженный рефlector, характерная особенность которого — скачкообразные изменения глубины.

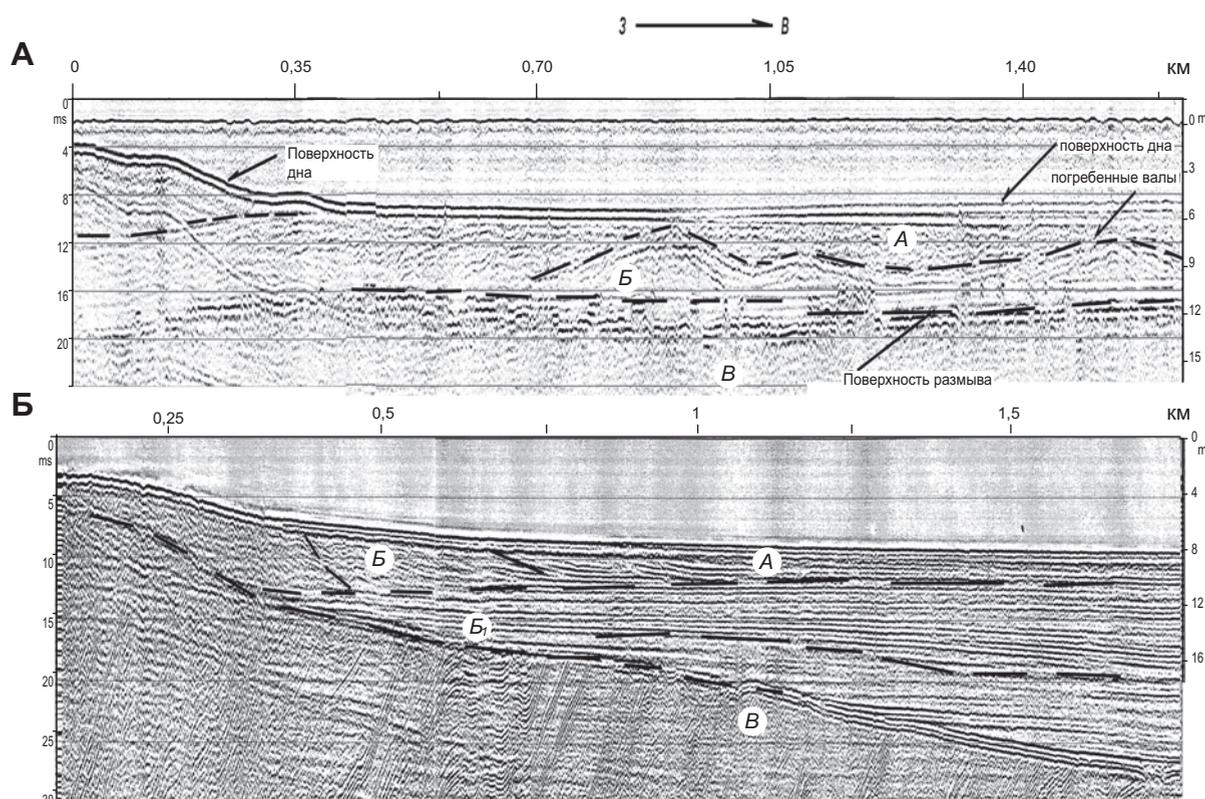


Рис. 3. Сейсмоакустические профили в прибрежной полосе Западного побережья Керченского пролива: А — напротив Камыш-Бурунской косы, Б — напротив Героевской террасы

Профиль 5-11 характеризует строение осадочной толщи в прибрежной части пролива к востоку от Камыш-Бурунской косы (рис. 3, А), длина около 2700 м, глубина 5–6 м. В западной, мелководной части профиля на глубине около 5 м под дном отмечена отражающая поверхность, горизонтальное положение которой отчетливо контрастирует с погружающимся к востоку дном; его поверхностью (под слоем осадков мощностью около 1 м) она практически и срезана.

На удалении около 400 м от берега на глубине моря 5–6 м на профиле отчетливо выражены волнообразные осадочные тела с длиной волны 250–300 м и высотой 3–4 м. В рельефе дна они не выражены, поскольку срезаются его горизонтальной поверхностью.

Основание этих аккумулятивных тел также представляет собой, видимо, поверхность размыва, которая находится на глубине 4–5 м ниже дна. Ниже уровня моря глубина этой поверхности 6–9 м. Местами она маскируется отчетливыми отражениями, связанными со скоплениями газа, которые, вероятно, отчасти к этой поверхности и приурочены.

Профиль 7-11 протягивается параллельно Камыш-Бурунской косе на удалении около 2,5 км с юга на север вдоль оси Керченского пролива, его длина около 2000 м, глубина 6 м. В южной части профиля главная особенность отложений — косослоистая толща мощностью около 3 м, перекрытая слоем донных отложений толщиной 1–2 м. Отражающие площадки косослоистой толщи падают на север; она подстилается

поверхностью размыва, к которой часто приурочены скопления газа. Далее на север слоистость приобретает горизонтальный характер и становится крайне слабо выраженной.

К югу от м. Камыш-Бурун сейсмоакустическое профилирование проведено в пределах как полосы прибрежного мелководья, прилежащего к участку аккумулятивного берега (Героевская терраса), так и расположенного южнее протяженного участка коренного берега.

Профиль 8-12 протягивается в широтном направлении с востока на запад на расстояние около 2,8 км напротив северной окраины Героевской террасы. Он начинается на глубине воды около 8 м и заканчивается на глубине 2 м. На восточной части профиля выявлена серия параллельных дну отражений, скорее всего, в горизонтально-слоистой толще. Видимая мощность толщи на восточном конце профиля 4 м, а дальше на запад увеличивается до 6 м. Нижняя граница ее представляет собой горизонт, задерживающий газ; ниже этого горизонта отражения носят хаотический характер и сигнал отсутствует. Глубина газонасыщенного слоя на восток уменьшается до 4–5 м. В 900 м от берега количество выходов газа начинает уменьшаться, и вскоре они исчезают, а в записи появляются отчетливо выраженные отражающие горизонты. Самый нижний из них находится на глубине грунта около 24 м и имеет неровную поверхность — возвышения протяженностью 50–100 м чередуются с понижениями та-

ких же размеров; амплитуда неровностей 2—3 м. Следующий отражающий горизонт начинается в 900 м от западного конца профиля на глубине по грунту около 17 м; поверхность его неровная; он довольно быстро поднимается в сторону берега и теряется на глубине грунта около 3 м и в 300 м от западного конца профиля. Выше расположена неяснослоистая толща, в которую вложена косослоистая пачка мощностью около 5 м и протяженностью вдоль линии профиля около 400 м; глубина воды здесь около 7,5 м. Слоистость крутая и наклонена к берегу. От берега косослоистая пачка находится на расстоянии ~500 м; она перекрыта неслоистыми отложениями мощностью 1—2 м. На подводном береговом склоне выявлено до четырех валов шириной 50—80 м.

Профиль 10-12 (рис. 3, Б) ориентирован в широтном направлении и расположен в пределах южной окраины Героевской террасы. Он начинается на глубине 8 м и заканчивается на глубине 2 м. Длина профиля составляет 2800 м. Первые 700 м записи показывают горизонтально-слоистую толщу, которая на глубине грунта 6—9 м подстилается прослоями, удерживающими газ, в результате чего ниже запись носит хаотический характер. На расстоянии 2100 м от берега выходы газа исчезают, и на глубине грунта около 17 м появляется хорошо выраженная эрозионная поверхность, срезающая дислоцированные слои нижележащих отложений. Она полого поднимается в сторону берега и теряется на мелководье при глубине грунта около 3 м. Эрозионное понижение заполнено горизонтально-слоистой толщей, отдельные слои которой прилегают к срезающей поверхности. Верхняя часть осадочной толщи (~3 м) обнаруживает признаки очень пологой косой слоистости, начинающейся в 800 м от берега.

Следующий *профиль, 12-12*, направлен от южной окраины пос. Героевское на северо-восток, к центральной части о. Коса Тузла, пересекая, таким образом, весь Керченский пролив. Он начинается с глубины 6 м и заканчивается на глубине 3 м на запад от островной части косы Тузла. В южной части профиля прослеживается эрозионная поверхность, срезающая интенсивно дислоцированные слои на глубине по грунту около 9 м. Выше эрозионной поверхности залегает слоистая толща; в ее низах виден выклинивающийся слой, а в кровле — пологая косая слоистость. В средней части профиля отражения приобретают хаотический характер, видимо, из-за выходов газа и запись эрозионной поверхности исчезает. Вверху профиля, до глубины по грунту 4—5 м, запись слоистой толщи продолжается. В осевой части пролива появляется косослоистая толща мощностью 3—4 м, лежащая на слабовыраженной поверхности несогласия, которая исчезает в северном направлении примерно через 800 м. По простиранию ее сменяет другая серия косослоистых отражений примерно такой же мощности. Основание этой толщи выражено более отчетливо: с ее появлением рельеф дна повышается на 1,5—2 м. Обе

косослоистые толщи перекрыты горизонтально-слоистыми отложениями мощностью около 2 м.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные в ходе исследований материалы сейсмоакустического профилирования позволили выделить в строении осадочной толщи прибрежной часть пролива следы по крайней мере трех древних береговых линий, которые маркируют положение уровня моря в отдельные стадии голоценовой трансгрессии Черного моря. Первые две выделяются по отчетливо выраженным границам, разделяющим осадочные толщи с резко отличающейся слоистостью. Они расположены в интервалах глубины 16—18 (20—23 мслс) и 10—12 м (12—15 мслс) и могут быть соотнесены с береговыми линиями бугазской (максимум 8,15 тыс. л.н.) и витязевской (6,8—7,1 тыс. л.н.) трансгрессивных стадий, выявленных в прилежащих районах черноморского шельфа [3, 7, 10].

Наиболее четко по материалам сейсмоакустического профилирования выделяются следы более молодой третьей береговой линии, которые выражены в виде линз песчаных отложений с характерной наклонной слоистостью, а также валообразных форм. Они прослеживаются от подводной окраины косы Тузла до южной границы Героевской террасы. На профиле (рис. 3, А), поперечном к направлению береговой линии, видно, что в состав этой толщи входят по меньшей мере три валообразных аккумулятивных тела высотой до 3 м и шириной до 200 м. На профиле 7, направленном вдоль простирания этих форм, видна лишь косая слоистость с наклоном слоев на север, в направлении роста древней аккумулятивной формы. Слагающая древние береговые валы толща отложений отделена от нижележащей поверхностью размыва. Подобная картина встречается и на участке побережья южнее м. Камыш-Бурун, что свидетельствует о присутствии на глубине 6—9 м древней береговой линии, которая на участке исследований представлена в виде древнего аналога позднеголоценовой абразионно-аккумулятивной системы, образуемой участком абразионного берега южнее пос. Героевское, примкнувшей аккумулятивной террасой в пос. Героевское и Камыш-Бурунской косой. Отметим, что линзы грубозернистых песков в толще прибрежных отложений на побережье Керченского пролива, залегающие на глубине 6—9 м, выявлены в ходе работ, выполненных сотрудниками ИО РАН в 50-е гг. прошлого столетия [10].

Возраст этой береговой линии предположительно можно отнести к каламитской—началу джеметинской фазы трансгрессии. Для корреляции комплексов отложений, залегающих в прибрежно-шельфовой зоне и слагающих береговые аккумулятивные террасы в районе исследований, сейсмоакустические профили сопоставлялись с разрезами прибрежных отложений Камыш-Бурунской косы и Героевской террасы. В частности, в основании толщи отложений, слагающих прикорневую часть Камыш-Бурунской косы, залегает

линза слоистых илов, перекрытая пачкой песчаных отложений мощностью до 8 м. Радиоуглеродное датирование раковинного материала из верхней части линзы погребенных илов показало, что их возраст составляет ~4,4—4,8 тыс. лет (^{14}C возраст 4510 ± 80 лет). Залегание линзы погребенных илов на абсолютных отметках -8...-12 м позволяет рассматривать ее как часть литофациального комплекса, слагающего древнебереговую линию. С мористой стороны ее продолжает серия древних береговых валов, залегающих на глубине 6—9 м и выделенных по материалам сейсмоакустического профилирования.

Развитие этого участка побережья за последние 5,0 тыс. лет иллюстрирует схема, приведенная на рис. 4. При дальнейшем подъеме уровня в ходе развития новочерноморской трансгрессии произошло формирование широкой аккумулятивной террасы в вогнутости коренного берега в районе с. Героевское, к югу от м. Камыш-Бурун, а также следующей генерации Камыш-Бурунской косы. В середине I тыс. до н.э. коса продолжала выступать в роли барьера, отделявшего мелководный палео-Черубашский лиман от акватории Керченского пролива [4, 15]. В условиях мелководного залива сформировалась толща тонкозернистых раковинных песков, вскрытых бурением практически повсеместно в пределах прибрежной низменности. Западная граница этого палеозалива непосредственно прилежала к коренному берегу, на юго-западной и северо-восточной окраинах которого были расположены античные города Нимфей и Тиритака.

Повышение уровня моря за последние 1,5 тыс. лет сопровождалось размывом мористой части косы и общим смещением ее в сторону суши. Материал от размыва древней аккумулятивной формы поступал на формирование ранних генераций косы, выполняющих внутренние участки палеозалива. Подобная схема развития прибрежной территории Камыш-Бурунской бухты подтверждается результатами литолого-фациального и геохронологического изучения толщи прибрежных отложений.

Выводы:

— в строении толщи прибрежных отложений Керченского пролива по сейсмоакустическим данным прослеживаются следы ритмичности, отражающей неравномерный ход голоценовой трансгрессии Черного моря. Периоды замедления трансгрессии маркируются следами древних береговых линий в виде перерывов в

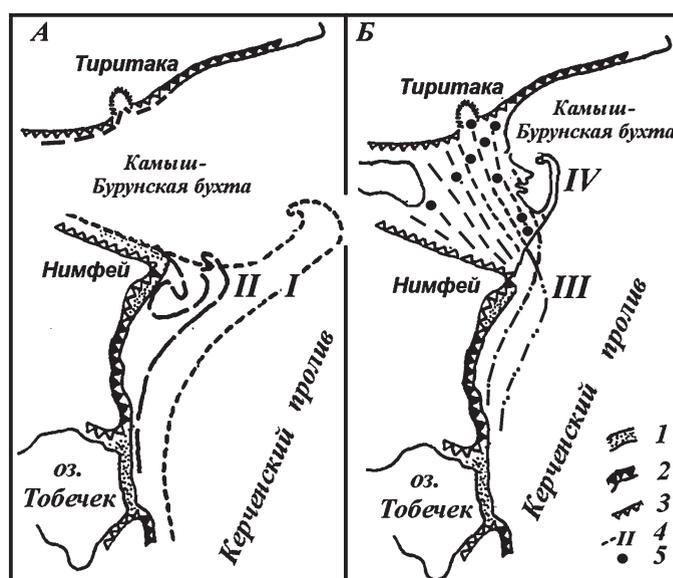


Рис. 4. Схема эволюции побережья Камыш-Бурунского залива за последние 5,0 тыс. лет: 1 — аккумулятивный берег; 2 — абразионный берег; 3 — отмершие клифы; 4 — стадии развития берега; 5 — расположение скважин

осадконакопления или фрагментами древних береговых валов;

— Камыш-Бурунская коса — полигенетическая форма, прошедшая сложную эволюцию. Ее зарождение относится к середине III тысячелетия до н.э. при положении уровня моря на 6—9 м ниже современного. Древний береговой барьер, существовавший в тот период, был частью барьерной системы, отчленявшей внутреннюю часть Керченского пролива;

— в ходе развития трансгрессии эта барьерная форма распалась на ряд локальных абразионно-аккумулятивных образований, к которым относятся Героевская терраса и Камыш-Бурунская коса. Рельеф прибрежной суши Камыш-Бурунского залива представляет собой серию древних генераций Камыш-Бурунской косы, формировавшихся в ходе последовательного выполнения палеозалива на месте устьевой зоны Черубашского лимана. В ходе последней трансгрессивной фазы, охватывающей последние 1,5 тыс. лет, подъем уровня моря составил около 3,5—4,0 м и сопровождался активным размывом Героевской террасы и аккумуляцией на участке Камыш-Бурунской косы. Средняя величина выдвигания береговой линии составила 2—2,5 км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.М., Казанцева Р.А., Панаев В.А., Пустильников И.Р. Тектоника области сочленения Кавказа и Крыма // Тектоника и стратиграфия. Вып. 21. Киев, 1981. С. 22—28.
 2. Бадинова В.П., Зубаков В.А. Радиоуглеродные датировки лаборатории ВСЕГЕИ. Список III // Бюлл. Комис. по изучению четвертичного периода. Вып. 45. М.: Наука, 1976. С. 154—167.
 3. Балабанов И.П., Измайлов Я.А. Изменение уровня и гидрохимического режимов Черного и Азовского

морей за последние 20 тысяч лет // Водные ресурсы. 1988. № 6. С. 54—62.
 4. Зинько В.Н., Поротов А.В., Мысливец В.И. Развитие рельефа западного побережья Керченского полуострова в позднем голоцене // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Вып. 25, т. 1. Севастополь, 2011. С. 83—95.
 5. Зинько В.Н., Зверев А.С., Федин М.М. и др. Керченский пролив в районе Камыш-Бурунской косы по данным

высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования // Морские берега — эволюция, экология, экономика: Мат-лы XXIV Междунар. береговой конференции. Туапсе, 1—6 октября 2012. Т. 1. Краснодар: Изд. дом “Юг”, 2012. С. 177—179.

6. Каплин П.А., Поротов А.В. Короткопериодные циклы ($n \cdot 10^3$ лет) в осадконакоплении на континентальной окраине Черного моря в голоцене // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Мат-лы VII Всеросс. сов. по изучению четвертичного периода, 12—17 сентября 2011 г. Т. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2011. С. 252—255.

7. Керченский пролив. Киев: Наукова думка, 1984. 278 с.

8. Науменко П.И. Некоторые закономерности размещения рудных залежей Керченско-Таманской области в связи с особенностями ее тектонического строения // Геол. журн. 1977. Т. 37, вып. 6. С. 28—33.

9. Науменко П.И., Кривошеева И.П. Геология Черубашского озера. Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев: Наукова думка, 1979. С. 17—26.

10. Невесский Е.Н. К вопросу о новейшей Черноморской трансгрессии // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. Т. 28. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 23—29.

11. Плахотный Л.Г., Пасынков А.А., Палинский Р.В. и др. Тектоническое положение и структурное районирование Керченского пролива // Сов. геология. 1989. № 3. С. 77—84.

12. Скиба С.И. Особенности литогенеза позднечетвертичных и современных отложений Керченского пролива // Изв. вузов. Геология и разведка. 1978. № 12. С. 38—43.

13. Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 163 с.

14. Шнюков Е.Ф., Науменко П.И. Марганцево-железные руды Керченского бассейна. Симферополь: Крымиздат, 1961. 175 с.

15. Kaplin P., Porotov A. The reconstruction of Black sea level change in late Holocene on the base of archaeological and geomorphological indicators // INQUA 501 “Caspian-Black Sea-Mediterranean Corridor during the last 30 ky: Sea level change and human adaptive strategies” Seventh Plenary Meeting 21—28 August 2011. Odessa, 2011. P. 111—113.

16. Myslivets V., Porotov A., Zinko V. Geoarchaeological implication of the Holocene coastal evolution: Western part of Kerch Strait // Geomorphic processes and geoarchaeology: From Landscape Archaeology to Archaeotourism. Proc. Inter. Conf. August 27—31, 2012. Moscow—Smolensk, Russia. Smolensk: Universum, 2012. P. 200—203.

Поступила в редакцию
19. 07. 2013

A.A. Porotov, V.I. Myslivets, V.N. Zinko, A.V. Zinko, V.G. Gainanov, A.S. Zverev

EVOLUTION OF COASTAL RELIEF OF THE KERCH STRAIT (THE KAMYSH-BURUN CAPE AREA) DURING THE LATE HOLOCENE (ACCORDING TO GEOARCHAEOLOGICAL AND ACOUSTIC SURVEY DATA)

New data on the lithological-facial structure and geochronology of coastal deposits, as well as specific features of the acoustic structure of the upper part of marine deposits within different structural-geomorphologic sections of the coast are discussed. Evolution of relief of the western part of the Kerch Strait coast during the Late Holocene is reconstructed. Evidence of the changing sea level during the recent 5 thousand years in the lithological-facial and acoustic structure of marine deposits was identified.

Key words: the Kerch Strait, coast, deposits, lithology, geochronology, palaeogeography.

УДК 551.3.053, 551.435

А.Л. Гуринов¹, А.А. Лукашов², В.В. Рогов³**ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ (ВЫВЕТРИВАНИЯ) ГРАНИТОВ ЗАБАЙКАЛЬЯ**

Выветривание — первый и важнейший этап в системе геоморфологических процессов. Интенсивность разрушения коренных горных пород в горах Северного и Юго-Восточного Забайкалья очень велика, что непосредственно влияет на все компоненты ландшафта. Ранее предполагалось, что суровые климатические условия Забайкалья определяют полное превосходство процессов физического выветривания. В ходе детального изучения образцов выветрелых гранитов при помощи растрового электронного микроскопа установлено, что разрушение горных пород протекает при взаимодействии комплекса факторов. Образование первичных трещин в породе при выветривании по типу сапролитизации происходит вследствие криогенного дробления кварца — наименее устойчивого в мерзлотных обстановках минерала. Дальнейшее выветривание идет при активном участии химического и биогенного факторов.

Ключевые слова: Забайкалье, выветривание, сапролитизация, гранит, микроморфология, криогенное дробление, кварц, полевые шпаты.

Введение. В последнее время в науках о Земле прогрессирует дифференциация разномасштабности исследований. В географических исследованиях стали широко использовать космические снимки, позволяющие охватить огромные территории, но разработка новых методик и оборудования позволила изучать микро- и нанообъекты географической среды. В геоморфологии подобные исследования связаны с изучением морфологии и состава первичных и вторичных минералов, слагающих скальные породы и рыхлые отложения, в том числе новообразования и включения. В статье рассмотрены особенности выветривания гранитов Северного и Юго-Восточного Забайкалья, изучавшиеся в ходе полевых работ и в лабораторных условиях при помощи растрового электронного микроскопа LEO 1450.

Выветривание — первый этап в системе геоморфологических процессов, отвечающий за мобилизацию материала [21]. Под выветриванием следует понимать комплекс процессов — дезинтеграцию, метаморфзм, замещение и т.п. [11].

Наиболее полную характеристику процессов выветривания для Забайкалья изложил Ю.Г. Симонов в монографии [11]. В рамках предложенной им классификации описаны как механизмы разрушения, так и типы выветривания, а именно фрактолитизация, сапролитизация, псаммитизация, алевритизация и пелитизация. В связи со сложностью разделения вклада физического и химического выветривания в общий процесс авторы склоняются к использованию именно классификации, построенной по морфологическому принципу и предложенной Ю.Г. Симоновым.

В формировании рыхлых отложений в Забайкалье в пределах зоны развития коры выветривания активно действуют два комплекса процессов — фрактолитизации и сапролитизации коренных пород. Особенностям процессов сапролитизации, в ходе которой происходит образование обломков фракции дресвы и мелкого щебня, и посвящена статья.

Термин “сапролит” введен в русскоязычную научную литературу известным мерзлотоведом С.П. Качуриным (в переводе с латыни сапролит — гнилой камень). Возникновение сапролитов, по мнению С.П. Качурина [3], связано с тем, что первоначально монолитная плотная кристаллическая горная порода постепенно под воздействием попеременного замерзания и оттаивания превращается в рыхлую субстанцию. Отличительная особенность сапролита — полное сохранение структурных и текстурных особенностей исходной породы: слоистости, полосчатости, видимых включений и т.д., но лишь до того момента, пока порода находится на некоторой глубине от дневной поверхности и еще не подверглась нарушению извне. При механическом воздействии на такую породу (даже при прикосновении) она теряет все видимые качества, свойственные кристаллической структуре пород, и становится совершенно рыхлой, выветрелой, по механическому составу чаще всего представляющей не только дресву или песок, но и пылеватые суглинок или супесь. С.П. Качурин не вкладывал в понятие “сапролит” детерминированный механический состав обломков, он акцентировал внимание на структуре, текстуре и прочности породы. Ю.Г. Симонов [11] в развитие взглядов С.П. Качурина определил основную размер-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, аспирант; *e-mail:* gurinov.artem@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* smoluk@yandex.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, профессор, докт. геогр. н.; *e-mail:* rogovvic@mail.ru

ность частей сапролита фракцией дресвы, не исключив участия в сапролитизированной массе более тонких частиц, в том числе глинистых.

В современной англоязычной научной литературе [18, 22] в понятие “сапролит” вкладывается “стратиграфический” смысл: сапролит представляет собой верхнюю часть коры выветривания *in situ*, это несмещенный слой выветрелых коренных пород, залегающий поверх разборной скалы. От последней сапролит отличается более высокой степенью дезинтеграции материала, однако в этот термин не вкладывается понятие о размерности обломков, входящих в его состав. Ближе к русскоязычному термину “сапролитизация”, возможно, англоязычные термины “granular disintegration” (разрушение до фракции дресвы), “grus weathering”, “grusification” (выветривание до фракции дресвы) [20].

Авторы вслед за Ю.Г. Симоновым придерживаются типизации продуктов разрушения горных пород, основанной на анализе их механического состава. Такой подход обусловлен в первую очередь тем, что гранулометрия новообразованного материала играет весомую роль в дальнейшем развитии процессов морфолито-генеза. Еще В.Л. Суходровский [13] отмечал, что в склоновых процессах в области вечной мерзлоты бывает задействован различный по крупности материал продуктов выветривания. Не менее важно и то, что гранулометрический подход позволяет определить долю тех или иных составляющих процесса выветривания.

Постановка проблемы. Исследование посвящено уточнению механизмов выветривания полнокристаллических пород в резкоконтинентальной горно-мерзлотной обстановке на примере Забайкалья. Авторы изучали морфологию и взаимное размещение составляющих граниты минералов (кварца, полевых шпатов, слюд и др.) в полуразрушенном (выветрелом) состоянии; выясняли роль криогенного разрушения кварца в ходе выветривания кристаллических горных пород; на макро- и микроморфологическом уровне определяли соотношения физических (включая биофизические) и химических (включая биохимические) процессов разрушения пород.

Материалы и методы исследований. При обработке собранного материала использованы опубликованные ранее материалы: во-первых, работы, посвященные особенностям процессов выветривания, их роли в рельефообразовании, среди них обобщающие монографии В.Н. Конищева [4], В.Л. Суходровского [14] и А.Г. Черняховского [15]; во-вторых, региональные работы, в которых наиболее комплексно охарактеризовано Забайкалье с точки зрения геологии и геоморфологии [1, 8]; в-третьих, труды, написанные по результатам экспериментальных работ с веществом, подвергавшимся многократному промораживанию и оттаиванию [5, 10].

В 2010 г. с поверхности скальных выходов авторы проводили отбор образцов гранитов, в разной степени подвергшихся выветриванию, для изучения сапролитизации в обрамлении Чарской котловины — на Ко-

даре и Удокане (рис. 1). Эти районы Забайкалья выбраны в связи с тем, что в них широко экспонированы разновозрастные крупнокристаллические граниты; сапролитизация приводит к развитию относительно мощных (несколько дециметров — несколько метров) кор выветривания; снос продуктов выветривания существенно воздействует на морфолито-генез (в классической триаде выветривание — склоновый снос — процессы в нижнем ярусе рельефа [12]).

Коренные породы на выпуклых перегибах скальной основы часто находятся в полуразрушенном состоянии. Поэтому при опробовании выбирали фрагменты, которые сохраняли строение, близкое к монолитному, но уже испытали заметное экзогенное воздействие. При этом учитывалась геолого-геоморфологическая обстановка ареалов сапролитизации [6, 7, 9]. Для уточнения механизмов выветривания в лабораторных условиях выполнен морфологический и минералогический анализ 12 образцов, в том числе 3 образцов с привлечением электронной микроскопии (растровый электронный микроскоп LEO-1450, микрофотографии сделаны В.В. Роговым).

Результаты исследований и их обсуждение. Важнейшая морфологическая особенность кодарских образцов (рис. 1) — почти регулярная трещиноватость, параллельная дневной поверхности. Во многих образцах на глубине 0,4; 0,7; 1,5 и 3—3,5 см от дневной поверхности наблюдаются субпараллельные дневной поверхности трещины. Трещины в породе образуются в основном вследствие температурных колебаний внешней среды, т.е. имеют экзогенную природу. Глубина от поверхности определяет не степень проникновения сезонных или суточных колебаний температуры, а реакцию породы на микроклиматические изменения. Таким образом, вследствие температурных колебаний происходит своего рода отслаивание внешней оболочки — “скорлупы” от скального основания. Эти нарушения, по-видимому, первичные, в то время как перпендикулярные им — производные. Природа трещин такого рода может быть связана с увеличением объема породного массива при снятии нагрузки, т.е. с дилатацией. Формирование как первичных, так и вторичных систем трещиноватости, вероятно, обусловлено комплексом эндогенно-экзогенных факторов, среди которых — морозное и биогенное выветривание, которые способствуют дальнейшему расширению трещин и отделению обломков.

Во всех образцах гранитов, отобранных на Кодарском хребте, заметны признаки интенсивного химического выветривания. Повсеместно присутствуют следы ожелезнения, что выражается в формировании бурой корки на поверхности образцов, рыжих пятен и затеков на сколах и по трещинам. Столь интенсивное ожелезнение вызвано, по-видимому, гидролизом биотита и роговой обманки — выносом по микротрещинам растворимого двухвалентного железа и его последующим окислением. Вокруг отдельных минеральных зерен иногда наблюдаются концентрические пятна ожелез-

нения шириной 2—4 мм. Толщина железистой корки достигает 5 мм. На поверхности нескольких образцов отмечена глинистая корка, формирование которой связано с гидролизом полевых шпатов. Дальнейшая миграция растворов и осаждение формируют у поверхности своего рода глинистую рубашку.

В микроморфологии образцов гранитов, отобранных на Кодарском хребте, обнаружены следы интенсивного воздействия мерзлотных процессов. По данным В.В. Рогова и В.Н. Конищева [5], в условиях криолитозоны один из наиболее устойчивых минералов отнюдь не кварц, как нередко полагают [2, 19, 21], а полевые шпаты и биотит. Минералы со слоистой структурой, в том числе слюды, доля которых в гранитах обычно не превышает 5%, характеризующиеся высокими значениями поверхностной энергии, мало подвержены криогенному дроблению, однако в сухих условиях разрушаются в ходе температурного выветривания.

Соотношение криогенной устойчивости кварца и полевых шпатов — основных породообразующих минералов — показывает, что зерна кварца во всех случаях оказываются менее устойчивыми по сравнению с неизменными зернами полевых шпатов. Ведущим механизмом криогенного разрушения кварца, по мнению В.В. Рогова [10], следует считать расклинивание частиц кристаллами льда, которые растут в вакуолях — полостях, содержащих газово-жидкие включения (рис. 2). Размер полостей обычно составляет несколько десятков микрометров (μм), а ширина трещин не превышает 1 μм. Соответственно макроскопический визуальный анализ образцов не позволяет выявить следы криогенного разрушения зерен кварца. Трещины, вызванные разрывающим действием растущих в полостях кристаллов льда, распространяются по зернам кварца от включения к включению на доли миллиметра, разрушая минерал сразу на несколько частей.

Однако образцы гранитов с Кодарского хребта наряду с проявлениями термического и мерзлотного выветривания содержат множество признаков химических и биологических процессов разрушения. Минералы подвергаются химическому разрушению в разной степени. Кварц, например, наиболее устойчив к химическому воздействию, а легче всего ему подвергаются зерна полевых шпатов. Выветривание калиевых полевых шпатов происходит с образованием серицита $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ — вторичной калиевой слюды. В итоге в результате химического воздействия полевые шпаты переходят в алюмокремниевые гидраты каолинового строения [17]. Глинистое вещество, образу-

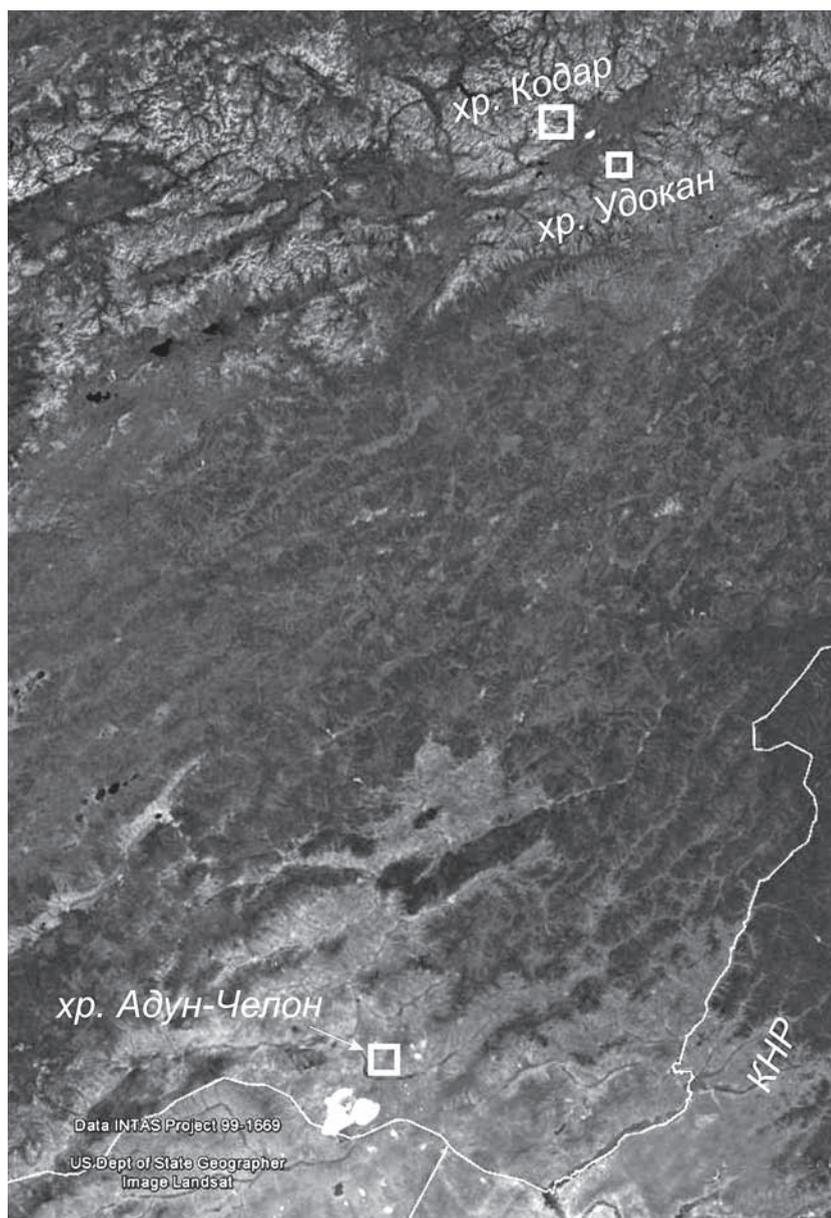


Рис. 1. Районы отбора образцов выветрелых гранитов, отмечены белыми квадратами

ющееся в ходе разрушения полевых шпатов, создает налеты на поверхности минералов и сгустки губчатого строения за счет коагуляции.

Другой важный фактор выветривания гранитов на Кодарском хребте, установленный в ходе микроморфологического анализа, — разрушение породы в ходе процессов жизнедеятельности живых организмов. Влияние биогенного фактора можно разделить на прямое и косвенное. Прямое воздействие живых организмов проявляется в расклинивающем действии корней растений и гиф грибов, проникающих в трещины и растущих в них, это биофизическое разрушение. Живые организмы выступают в данном случае как фактор, который способствует расширению трещин, но не как агент, их создающий. Корни растений и гифы грибов проникают, как правило, в трещины

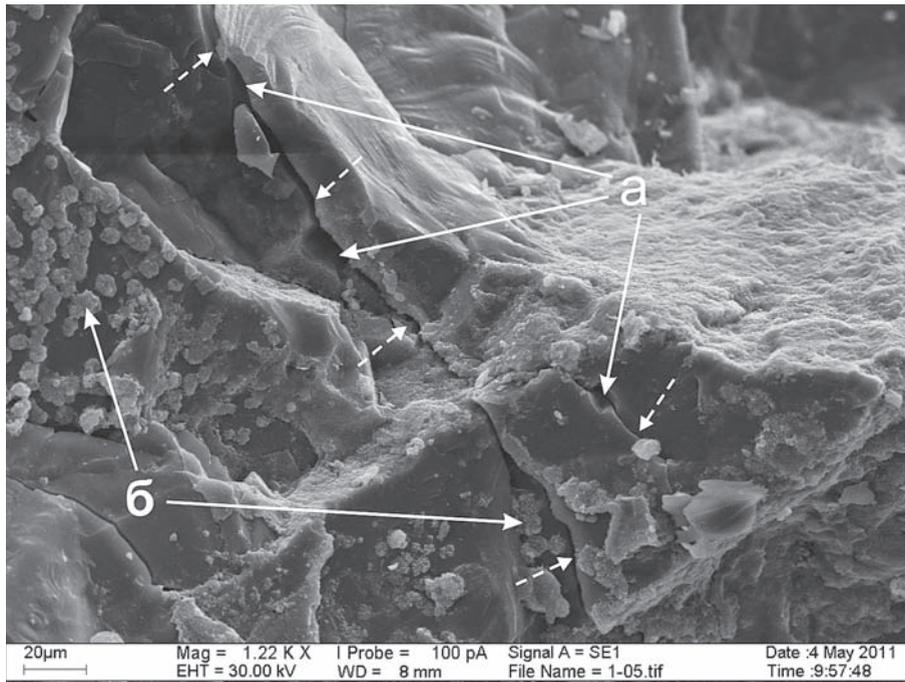


Рис. 2. Криогенные трещины в кварце (показаны пунктирными стрелками) по полостям газово-жидких включений (а) и глинистые сгустки (б), образовавшиеся при гидролизе полевых шпатов (кодарский образец)

температурного и мерзлотного происхождения. Косвенное воздействие выражается в биохимическом или органическом выветривании [17]. Выделяя углекислый газ, бактерии и другие микроорганизмы при наличии воды создают благоприятные условия для образования уголекислоты и растворения минералов.

Таким образом, на Кодарском хребте разрушение гранитов начинается вследствие температурных колебаний, в то время как биогенные процессы и морозное выветривание способствуют расширению трещин и отделению обломков от основного массива породы. Очень велика роль химического выветривания — гидролиза полевых шпатов, вследствие чего ковалентные связи в кристаллической решетке минералов в породе ослабевают.

Образцы, отобранные с контакта гранитов с протерозойскими песчаниками Удоканского хребта (рис. 1), содержат мельчайшие проявления тектонической трещиноватости. Взаиморасположение трещин в образцах отличается от такового в кодарских образцах: основные трещины перпендикулярны к дневной поверхности. Часто трещины расположены параллельно жилам кислых пегматитов. Отметим, что мономинеральные жилы не подвержены сапролитизации, в то время как вмещающие их граниты разрушены достаточно сильно. В целом удоканские образцы более монолитные и прочные, чем кодарские.

Первичное трещинообразование в сапролитизированных гранитах Удокана, по-видимому, определяется эндогенными факторами, а именно повышенной напряженностью пород в приконтактной зоне. Признаки гидролиза полевых шпатов и разрушения биотита неочевидны, однако на многих образцах есть на-

леты глинистого вещества. Выходя на поверхность, скальные обнажения биотитовых и микроклиновых гранитов, уже находящиеся в нестабильном, хрупком состоянии, испытывают воздействие температурного и мерзлотного выветривания. При этом за счет разности значений коэффициента теплового расширения минералов в составе вмещающей породы происходит ее разрушение и дробление на отдельные древесной размерности. Экзогенные процессы, которые определили современный облик породы, вероятно, наложенные, т.е. вторичные по отношению к эндогенному трещинообразованию.

Микроскопический анализ удоканских образцов позволяет говорить, что физическое разрушение выражается в образовании трещин с помощью двух механизмов. Первый механизм — образование трещины между разными минералами за счет разных значений коэффициента температурного расширения при колебаниях температуры [16]. Кварц с хорошо организованной и химически прочной кристаллической решеткой трехмерного “пустотелого” каркаса из кремнекислородных тетраэдров меньше изменяет объем по сравнению с полевыми шпатами, имеющими более сложное строение. В результате на границе слагающих породу минералов возникает температурная трещина (рис. 3), которая может расширяться далее за счет действия других процессов (биогенных, хемогенных, мерзлотных).

Второй механизм — собственно криогенное воздействие. В удоканских образцах отмечены следы мерзлотных микротрещин в кварце, образующихся по описанному ранее механизму — по полостям газово-жидких включений. В этих образцах наблюдается

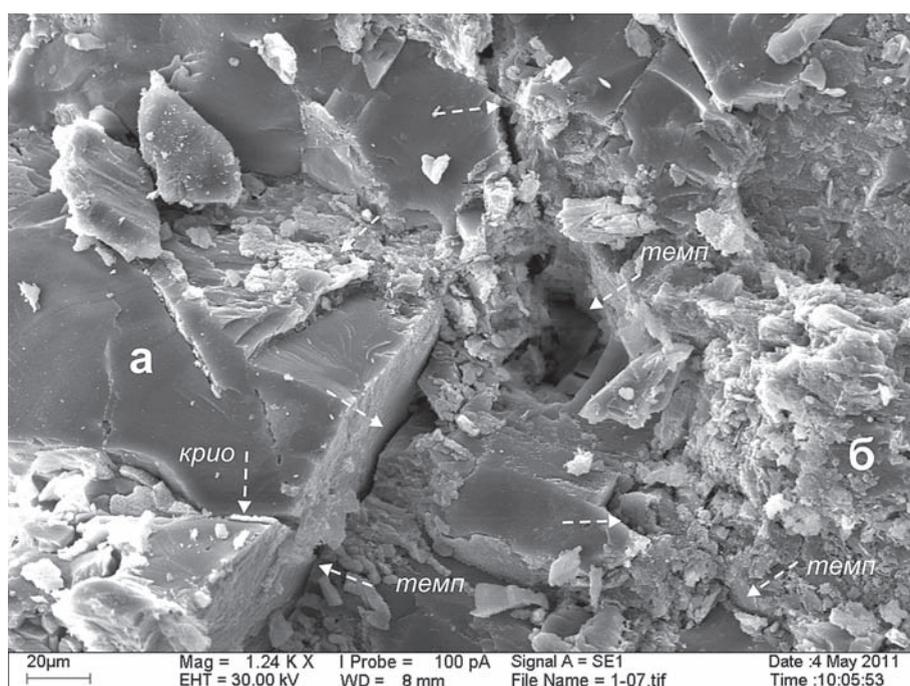


Рис. 3. Криогенные и термические трещины (показаны пунктирными стрелками) среди кристаллов кварца (а) и полевого шпата (б) (удоканский образец)

большое количество зерен кварца мелкоалевритовой фракции, которые представляют собой продукт разрушения более крупных зерен при неоднократном промерзании и протаивании [5]. Все это свидетельствует о высокой интенсивности мерзлотного выветривания кварца и в коренных породах.

В удоканских образцах присутствуют признаки химического выветривания — налеты глинистого материала. Химическому воздействию подвергаются в основном полевые шпаты, в результате чего и образуется глинистое вещество. Мельчайшие частички глины в ходе процессов коагуляции сначала образуют сгустки величиной до 10 мкм, а затем происходит формирование более крупных глинистых конкреций размером до 30 мкм. Форма конкреций на разных стадиях образования различна, так, на первой стадии конкреции-сгустки имеют неправильную или округлую форму, на второй — форму кольца или его сегмента, на конечной стадии — шарообразную форму.

В обнажении гранитов на Удоканском хребте ведущий фактор трещинообразования и дальнейшей сапролитизации эндогенный. Породы на некоторой глубине теряют свои прочностные характеристики из-за “усталости” кристаллической решетки вследствие продолжительных динамических напряжений в зоне тектонической активности и, выходя на поверхность, в зону действия экзогенных процессов, подвергаются выветриванию с еще большей интенсивностью.

Таким образом, в результате микроморфологического и минералогического анализа установлено, что в выветривании горных пород в Северном Забайкалье по типу сапролитизации, помимо физических процессов (температурного и криогенного выветри-

вания), важную роль играют процессы химического разрушения, связанные с гидролизом полевых шпатов и образованием глинистого вещества, а также биологические процессы, связанные с ростом корней растений, гиф грибов и с выделением углекислого газа. Каждый из этих процессов вносит свою долю в разрушение горных пород, и только в особых случаях один из них выступает в качестве ведущего.

Для примера можно привести данные о выветривании гранитов в мерзлотной — семиаридной обстановке Юго-Восточного Забайкалья. На выходах порфировидных гранитов в массивах Адун-Челон (рис. 1) и Малый Батор крупные (до 2 см), сравнительно прочные кристаллы полевого шпата рельефно выделяются на выветрелой поверхности породы. В то же время химически устойчивый кварц (субдоминант в составе гранитов составляет ~30% массы) хотя и выдерживает собственно термические напряжения, подвержен разрушительному криогенному дроблению. Составляющие основную массу гранитов ($\geq 60\%$) полевые шпаты в сухих условиях оказываются устойчивее других минералов по отношению как к термическому, так и к криогенному воздействию. Однако при участии влаги — в микропонижениях и на уровне грунта — полевые шпаты подвергаются гидролизу и разрушаются, что приводит к “подтачиванию” скальных выступов и образованию ванн выщелачивания — орисангов.

Выводы:

— ранее предполагалось, что суровые климатические условия Северного Забайкалья определяют превосходство процессов физического выветривания. В ходе детального изучения процессов сапролитизации стало очевидно, что выветривание гранитов протекает

при взаимодействии комплекса факторов. Химические процессы участвуют в выветривании достаточно активно, их следы отмечены повсеместно. Этому способствует и биохимическая деятельность организмов;

— образование первичных трещин в породе при выветривании по типу сапролитизации происходит вследствие криогенного разрушения кварца по полостям газовой-жидких включений — вакуолей. Рост кристаллов льда в вакуолях оказывает разрывающее воздействие на минерал и породу в целом;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров Д.-Д.Б., Резанов И.Н., Будаев Р.Ц. и др. Геоморфология Северного Прибайкалья и Станового нагорья. М.: Наука, 1981.
2. Казанский Ю.П. Выветривание и его роль в осадко-накоплении. М.: Наука, 1969.
3. Качурин С.П. Вечная и сезонная мерзлота Забайкалья // Тр. Ин-та мерзлотоведения имени В.А. Обручева. Т. 8. М., 1950.
4. Конищев В.Н. Формирование состава дисперсных пород в криолитозоне. Новосибирск: Наука, 1981.
5. Конищев В.Н., Рогов В.В. Экспериментальная модель криогенной устойчивости основных породообразующих минералов // Проблемы криолитологии. 1978. Вып. 7. С. 189—197.
6. Лапердин В.К., Качура Р.А. Геодинамика опасных процессов в зонах природно-техногенных комплексов Восточной Сибири. Иркутск, 2010.
7. Лантев М.К., Лукашов А.А. Хребет Кодар // Побежденные вершины, 1970—1971. Сборник советского альпинизма. М.: Молодая гвардия, 1972. С. 243—251.
8. Лопатин Д.В. Геоморфология восточной части Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1972.
9. Пластинин Л.А., Плюснин В.М., Чернышов Н.И. Ландшафтно-аэрокосмические исследования экзогенного рельефообразования в Кодаро-Удоканском горном районе. Иркутск, 1993.
10. Рогов В.В. Особенности морфологии частиц скелета криогенного элювия // Криосфера Земли. 2000. Т. 4, № 3. С. 67—73.
11. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972.

— в процессе сапролитизации при доминировании физических факторов выветривания (криогенного и температурного) второстепенную, но вполне заметную роль играет гидролиз полевых шпатов, протекающий интенсивнее при участии живых организмов и продуктов их жизнедеятельности;

— в процессе сапролитизации гранитов Юго-Восточного Забайкалья (Даурия) ведущую роль парадоксальным образом также играет криогенное дробление кварца.

12. Симонов Ю.Г., Конищев В.Н., Лукашов А.А. и др. Учение о морфолитогенезе и его место в географической науке: Исторические аспекты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1998. № 4. С. 41—48.
13. Суходровский В.Л. Рельефообразование в перигляциальных условиях (на примере Земли Франца-Иосифа). М.: Наука, 1967.
14. Суходровский В.Л. Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. М., 1979.
15. Черняховский А.Г. Современные коры выветривания. М.: Наука, 1991.
16. Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Изд-во АН СССР, 1966.
17. Шукун И.С. Общая геоморфология. Т. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960.
18. Anderson R.S., Anderson S.P. Geomorphology: mechanics and chemistry of landscapes. Cambridge University Press, 2010.
19. Hamblin K.W., Christiansen E.H. Earth's dynamic systems. Web edition 1.0. URL: <http://www.earthds.info/index.html> (дата обращения: 11.02.2014).
20. Migon P., Thomas M.F. Grus weathering mantles — problems of interpretation // Catena. 2002. Vol. 49. Iss. 1—2. P. 5—24.
21. Penck W. Die morphologische Analyse: ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart, 1924.
22. Sequeira Braga M.A. Weathering of granites in a temperate climate (NW Portugal): granitic saprolites and arenization // Catena. 2002. Vol. 49. P. 41—56.

Поступила в редакцию
04.07.2013

A.L. Gurinov, A.A. Lukashov, V.V. Rogov

SPECIFIC FEATURES OF GRANITE WEATHERING IN THE TRANSBAIKAL REGION

Particularly intensive weathering of massive rocks in the mountains of the north and south-east Transbaikalian region has a direct impact on all landscape components. Previously it was supposed that harsh climate of the Transbaikalian region provides for the total dominance of physical weathering processes. Detailed study of the samples of weathered granite using the LEO 1450 scanning electronic microscope has shown that the destruction of rocks takes place under the influence of an interacting complex of factors. Under the saprolite-type weathering initial fissures in the rock are formed through the cryogenic breaking of quartz which is the least stable mineral in the permafrost conditions. Along the physical factors of granite weathering (cryogenic and thermal) there are also the chemical ones, i.e. the hydrolysis of feldspars which becomes more intensive if living organisms and the products of their metabolism are present.

Key words: Transbaikalian region, weathering, saprolite development, granite, micromorphology, cryogenic breaking.

УДК 911.3

Е.В. Антонов¹, Е.А. Денисов², В.А. Ефремова³, А.М. Фаддеев⁴

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ УБЫВАЮЩИХ ГОРОДОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Представлены результаты исследования современных проблем развития убывающих городов на примере северо-востока Республики Коми. Проведен обзор теоретических подходов к проблеме депрессивных городских населенных пунктов. Рассчитаны интегральные показатели социальной и экономической ситуации в городах. Показано нарастание диспропорций социально-экономического развития между городами Республики Коми. По результатам экспедиционных исследований продемонстрированы характерные особенности процесса в Воркуте, Инте, Печоре, Ухте.

Ключевые слова: убывание городов, Европейский Север, Республика Коми.

Введение. Для описания нисходящей фазы развития городов в международной исследовательской практике применяются термины, отражающие различные аспекты процесса, — “decline”, “decay”, “blight”, т.е. упадок, падение, депрессия, деградация [9, 10], а в отечественной обычно используется термин “депрессивные города”. В российской научной литературе изучение феномена депрессивных городов, как правило, связано с исследованиями в монопрофильных городах [4, 6], которые уязвимы к кризисным явлениям и часто могут представлять собой примеры депрессивных городов.

Разнообразие определений этого процесса связано с тем, что в течение второй половины XX в. его изучали в разных странах. Таким образом, примеры, представляющие различные культурные и региональные контексты, так и не получили общего названия.

Проблема депрессивных городов появилась и впервые была описана в США и Великобритании: старопромышленные города теряли население вследствие упадка традиционных отраслей промышленности, кроме того, процесс деградации центральных частей городов с 1960-х гг. усилила субурбанизация. Этот феномен описан как упадок городов (urban decline) и деградация городов (urban decay) [8].

Дискуссия о британских и американских городах концентрировалась на экономических проблемах и стратегиях, которые могли бы преобразовать нисходящие тренды в восходящие. Проекты и меры ставили своей целью изменение демографических тенденций, предотвращение физического упадка отдельных районов и увеличение доходов муниципальных бюджетов. Такая трактовка предполагала конструктивный подход — стремление переломить существующие тенденции.

В Германии для описания старопромышленных районов использовался термин “Schrumpfung” [11], который можно перевести как “убывание”, “сжатие”, “сокращение” (английский вариант — shrinkage). Термин описывал тип города, который из-за экономического упадка столкнулся с потерей населения и стал представлять особый интерес для социологических исследований. В 1970—1980-е гг. этот термин не получил особого распространения, однако в 1990—2000-е гг. вновь стал востребован для описания проблем городов в Восточной Германии.

Особенность исследования депрессивных городов в Восточной Германии — это внимание к длительным демографическим тенденциям, представление о том, что это не краткосрочный феномен, а будущий тренд для большинства городов, особенно в развитых странах. В отличие от опыта исследования и управления депрессивными городами в США и Великобритании в Германии вопрос сместился в сторону адаптации к процессу сокращения населения и его негативным последствиям. В 2000-е гг. по инициативе немецких исследователей термин “shrinkage” стали использовать в международном контексте. Поиск сопоставимых примеров убывающих городов привел к пересмотру и некоторому расширению понимания термина.

Постановка проблемы. В статье применяется подход, согласно которому концепция убывания предполагает, что не только “рост” является приемлемым вариантом развития города; эта тенденция характерна для многих городов, поэтому должна быть в некоторой степени прогнозируемой и управляемой.

Феномен убывания городов рассматривается как результат совместного действия на локальном уровне экономических, демографических факторов и изме-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирант; *e-mail:* antonovmtg@inbox.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, студент; *e-mail:* eug.denisov@gmail.com

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, аспирант; *e-mail:* v.a.efremova@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, студент; *e-mail:* faddeev@list.ru

нений в системе расселения [12]. Индикатором убывания города служит сокращение численности населения (как в результате естественной убыли, так и в результате миграционных процессов).

Однако понятие “убывания” городов включает в себя не только сокращение численности населения, но и многочисленные последствия, которые проявляются в появлении пустующего жилья, избытке инфраструктуры и экономическом неблагополучии, в целом в повышении дисбаланса между спросом и предложением в различных сферах. Убывание городов имеет последствия практически во всех сферах городской жизни — от муниципальных бюджетов, землепользования и градостроительства, коммунальной и социальной инфраструктуры, рынка жилья и жилищной мобильности, рынка труда и занятости до таких характеристик городских сообществ, как включенность, роль соседских контактов, сплоченность.

Цель исследования — анализ процесса функционирования северных городов в условиях значительного сокращения численности населения. Анализируются демографические и социально-экономические процессы в 1989—2012 гг., детально рассмотрена специфика развития фокусных городов.

Материалы и методы исследования. С опорой на концепцию убывания городов было проведено полевое исследование на примере нескольких близко расположенных муниципальных образований.

В исследовании использованы три группы методов. Проведен отбор статистической информации Росстата и Комистата, а также ведомственной статистики в городах исследования. Статистические данные проанализированы с помощью сравнительно-географического метода. Эта группа методов позволила провести количественную оценку убывания городов.

В процессе полевого исследования взяты многочисленные экспертные интервью с представителями муниципальных администраций, крупного бизнеса и местных сообществ. Этот метод позволил получить представление о специфике процессов, связанных с убыванием населения, в рассматриваемых городах. Кроме того, это позволило верифицировать статистические данные, которые в ряде случаев недостаточно объективно отражают реальную ситуацию.

При обследовании городов проводились натурные наблюдения состояния жилищного фонда, социальной и инженерной инфраструктуры, что позволило получить представление о территориальных закономерностях процессов убывания.

Для исследования выбраны 4 города вдоль Печорской железной дороги в пределах Республики Коми — Воркута, Инта, Печора и Ухта. Исследовательский интерес представляет выявление особенностей развития городов, которые расположены в крайне дисперсной системе расселения.

Не удовлетворяет критериям убывающего города Ухта, где численность населения в постсоветский период снизилась всего на 9%, а экономика города,

основанная на нефтегазовых предприятиях, продолжает стабильно развиваться. Тем не менее Ухта представляет интерес для исследования как второй город Республики Коми, с которым имеют тесные миграционные и экономические связи Воркута, Инта и Печора.

Результаты исследований и их обсуждение. Демографическая и миграционная ситуация. Постоянное сокращение населения началось в некоторых поселках на северо-востоке Коми АССР еще в 1960-х гг. после закрытия последних исправительно-трудовых лагерей [7]. В результате суммарное население поселков городского типа, многие из которых специализировались на лесозаготовках, снизилось на 10% [7]. В 1970-е гг. процесс сокращения населения охватил более мелкие поселки сельского типа, но в тот же период в пределах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции произошел переход от геолого-разведочных работ к добыче нефти. В связи с этим на рассматриваемой территории началась новая волна индустриализации и урбанизации. Рост численности населения был обусловлен в первую очередь миграционным притоком, который в Ухте достигал 5% (1970), в Печоре — 4% (1976). В результате к 1991 г. на северо-востоке Коми АССР проживало более 600 тыс. человек (48% от ее населения) [5].

С начала 1990-х гг. во всем регионе начался миграционный отток [3], достигавший 5% в год. Максимальный спад численности населения испытали Воркута и Инта — города с наиболее тяжелой экономической ситуацией в тот период. К настоящему времени города еще сильнее дифференцированы по сальдо миграции: в Ухте оно с начала 2000-х гг. колеблется около нулевой отметки, а в Инте до сих пор сохраняется ежегодный отток в размере 3—5% от населения города [5]. Столь высокому оттоку населения Инта обязана качеством местного угля, что будет рассмотрено далее. Кризис угледобычи — основной отрасли специализации города — привел к постоянному оттоку населения.

Отметим, что в Воркуте наиболее эффективно действовали программы переселения в южные регионы: всего за период их действия около 20 тыс. человек получили субсидии, из которых половина выехала из “Большой Воркуты”.

На всем северо-востоке Республики Коми естественная убыль не наблюдается лишь в самых молодых городах при нефтегазовых промыслах — Вуктыле и Усинске. Однако в последние несколько лет в Воркуте наблюдался естественный прирост населения, главным образом за счет выезда населения в пенсионном и предпенсионном возрасте, о чем свидетельствует отношение доли занятых в экономике к численности населения города: в Воркуте она составляет 31%, а в Печоре и Инте — 27 и 29% соответственно [5].

Наиболее стабильная демографическая ситуация наблюдается в Ухте (не считая нефтегазовых городов за рамками полевого исследования — Вуктыла, Усинска и в меньшей мере Сосногорска). Тенденция к сокра-

щению численности населения сильнее всего выражена в Инте. Печора и Воркута занимают промежуточное положение между крайними случаями. В Печоре сильнее выражена роль естественной убыли населения (во многом за счет старения населения), в то время как в Воркуте — миграционной (в результате выезда шахтеров с семьями после накопления капитала).

Динамику механического движения населения (и численности населения вообще) в основном определяет экономическая ситуация (устойчивая в Ухте и других нефтегазовых городах, менее позитивная в Воркуте и Печоре и депрессивная в Инте). Естественная убыль населения, скорее, определяется возрастом города: в Печоре и Инте она максимальна, а в нефтегазовых городах минимальна. Дополнительным фактором выступает широта, на которой расположен город, например, в Воркуте комфортное проживание в пенсионном возрасте проблематично, поэтому население в предпенсионном возрасте стремится переехать в более южные регионы страны.

Социально-экономическое положение городов. Для определения динамики социально-экономического развития изучаемых городов на фоне других населенных пунктов Республики Коми можно использовать два интегральных показателя — социальный индекс (СИ), который отражает уровень социального благополучия, и экономический индекс (ЭИ), отражающий душевой объем промышленного производства в сравнении с другими городами территории:

$$ЭИ_i = \frac{I_i \sum_i^n P_i}{P_i \sum_i^n I_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где I_i — объем промышленного производства в i -м городе, P_i — численность населения i -го города;

$$СИ_i = \left[\left(1 - \frac{M_{\max} - M_i}{M_{\max} - M_{\min}} \right) + \left(\frac{Z_i - Z_{\text{reg}}}{Z_{\text{reg}}} - 1 \right) \right] \cdot 100\%, \quad (2)$$

где M_i — миграционное сальдо в городе, M_{\max} и M_{\min} — максимальное и минимальное соответственно значение миграционного сальдо среди всех городов рассматриваемой зоны за 1990—2011 гг. Для удобства эти значения были округлены, и в качестве реперных выбраны значения 10‰ и -40‰ соответственно для удобства сравнения за разные годы; Z_i — средний уровень заработной платы в городе, Z_{reg} — среднерегиональный уровень заработной платы работников организаций в соответствующем году.

Для целей исследования все 10 городов Республики Коми сгруппированы в 3 типа по преобладающей отрасли промышленности (добыча угля, добыча и переработка нефти и газа, а также лесозаготовка и деревообработка).

Города, расположенные вдоль Печорской магистрали, уже в 1991 г. оказались в худшем положении, чем другие крупные города Республики Коми (рис. 1).

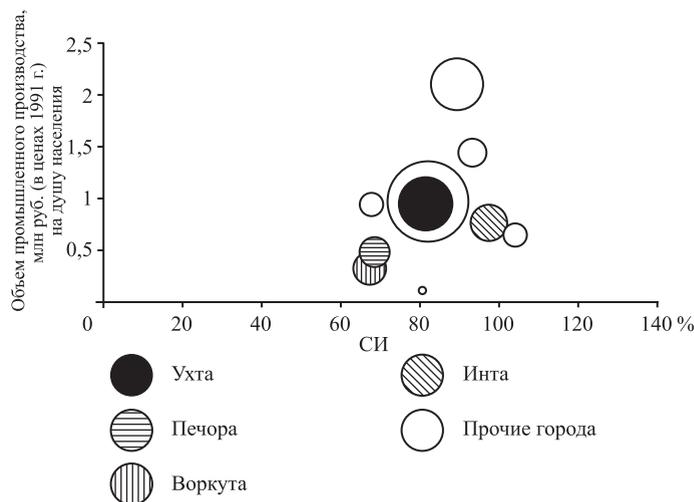


Рис. 1. Социально-экономическое положение городов Республики Коми в 1991 г. Составлено авторами по материалам [5]. Размер значка пропорционален объему промышленной продукции, выпущенной в городе

Максимальное значение ЭИ установлено для Ухты (где расположен нефтеперерабатывающий завод), минимальное — для Воркуты. Примечательно, что в 1991 г. из угольных городов Инта оказалась в лучшем положении, чем Воркута. В начале 1990-х гг. низкий уровень ЭИ отмечен и в Печоре, где добывающая промышленность опережала обрабатывающую по объему производства, что было связано с относительно низкими ценами на нефтегазовое сырье.

Динамика социально-экономического положения городов вдоль Печорской магистрали в 1993—2004 гг. достаточно сложна. С одной стороны, она обусловлена изменением внешней конъюнктуры на нефть и газ: рост цен на мировых рынках привел к увеличению добычи в республике. Иная ситуация сложилась в угольной промышленности: либерализация цен на уголь привела к увеличению цен на внутреннем рынке. С другой стороны, рыночные отношения выявили конкурентные различия между продукцией Инты и Воркуты. Интинский энергетический уголь оказался неконкурентоспособным по сравнению с кузбасским, что привело к сокращению добычи и фактической утрате городом экономического фундамента. Иные процессы происходили в Воркуте: так как местный уголь может подвергаться коксованию, то шахты были приобретены владельцем Череповецкого металлургического комбината — компанией “Северсталь”. Спад промышленного производства в Ухте связан с переделом собственности в нефтяной промышленности [2].

Необходимо отметить процесс поляризации социально-экономического положения городов Республики Коми между развивающимися нефтегазовыми городами, с одной стороны, и группой угольных и лесных — с другой. Так, разница между городами по СИ в 1991—2001 гг. выросла с 37 до 204%.

Еще большая поляризация наблюдается по уровню развития промышленности в городах. Все обследованные города

дованные города на протяжении 1990-х — начала 2000-х гг. переживали локальные проблемы с развитием промышленности, что было связано с общероссийским экономическим кризисом, который был преодолен в Республике Коми только в начале 2000-х гг. В связи с освоением новых месторождений нефти на севере республики даже бывшая нефтегазовая столица республики — Ухта — уступила молодому Усинску лидерство по объему добычи нефти (в пределах соответствующих муниципалитетов).

В 2000-е гг. продолжилась дифференциация городов республики по социально-экономическому положению (рис. 2). Среди городов, не охваченных полевым исследованием, неоспоримым лидером по СИ и душевому объему промышленного производства стал Усинск. Среди исследованных городов лидер по этим показателям Ухта, связанная с нефтяной промышленностью. Печора занимает промежуточное положение, а аутсайдерами на региональном уровне выступают “угольные” города Воркута и Инта, а также лесные Емва и Микунь. Корреляция между значениями СИ и ЭИ для исследуемых городов стала четко прослеживаться к настоящему моменту. Если в 1991 г. города со схожим уровнем среднедушевого промышленного производства значительно различались по показателю СИ, то теперь однозначно можно говорить, что экономическая база города определяет уровень жизни населения.

Описанная динамика состояния городов лишь грубо иллюстрирует происходящие процессы внутри них, но не объясняет их в полной мере. Для установления причин описанных процессов проведено детальное исследование на качественном уровне.

Качественный анализ современной ситуации. Воркута. Угольная промышленность продолжает определять развитие Воркуты и Инты. В результате реализации программы реструктуризации угольной отрасли 8 из 13 шахт в Воркуте были закрыты, но сохранен-

ные активы отличаются высокой рыночной конкурентоспособностью.

Кризисные явления повлекли негативные демографические процессы: численность населения в пределах “Большой Воркуты” с 1991 по 2012 г. сократилась на 60%, и отток населения продолжается. Государственной поддержки желающим переехать из районов Крайнего Севера недостаточно, многие жители вынуждены переезжать за свой счет. Недостаточный объем поддержки также имеет негативным следствием монетизацию жилищных сертификатов и как следствие незапланированное увеличение нагрузки на социальную сферу города.

Негативную динамику социальных процессов иллюстрирует изменение значения СИ (рис. 1, 2): за период с 1991 по 2011 г. значение этого индекса для Воркуты сократилось на 39% (худшая динамика характерна лишь для Инты и лесных городов республики — Емвы и Микуни).

Темп депопуляции для населенных пунктов “Большой Воркуты” различен: наиболее интенсивно депопулировали малые поселки, построенные ранее при отдельных шахтах (рис. 3). Отдаленные поселки менее привлекательны для проживания, чем городское ядро, из-за низкого уровня развития социальной инфраструктуры.

В Воркуте и крупных поселках наблюдается концентрация населения, которая носит преимущественно структурный характер: жители покидают город гораздо менее интенсивно, чем поселки, а переезду из поселков в город предпочитают выезд за пределы региона.

Воркута — наиболее яркий пример убывающего города. Оптимизация пространственной структуры города происходит естественным путем: со временем в городской ткани выделяется здоровое ядро, а перспективная периферия отмирает. Этот же процесс наблюдается и на уровне населенных пунктов “Большой Воркуты”.

Возможности муниципалитета и бизнеса по управлению убыванием ограничены. Муниципалитет не обладает ни правовыми, ни достаточными финансовыми инструментами для оптимизации расселения. Эффективность мер по управлению убыванием будет определяться возможностью ликвидации институциональных барьеров в законодательстве.

Реальный спектр функций города не ограничивается угольной промышленностью, так как город является базой строительства и обслуживания газопровода Бованенково—Ухта (транспортировка газа в последние годы стала бюджетобразующей отраслью), базой снабжения и опорным населенным пунктом для оленеводов Большеземельской тундры, здесь дислоцированы воинские части.

Таким образом, рассматривая убывание как объективный процесс, нужно говорить о наличии некоторых перспектив развития города, во многом связанных с его географическим положением.

Инта. Среди исследованных городов наиболее тяжелая экономическая ситуация сложилась в Инте из-за

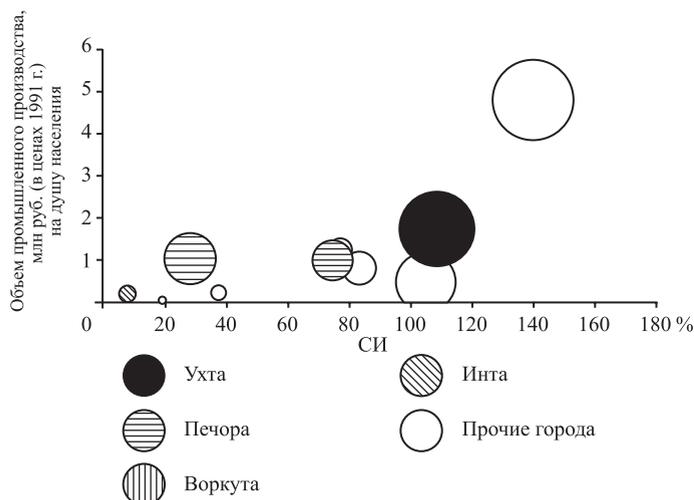


Рис. 2. Социально-экономическое положение городов Республики Коми в 2011 г. Составлено авторами по материалам [5]. Размер значка пропорционален объему промышленной продукции, выпущенной в городе

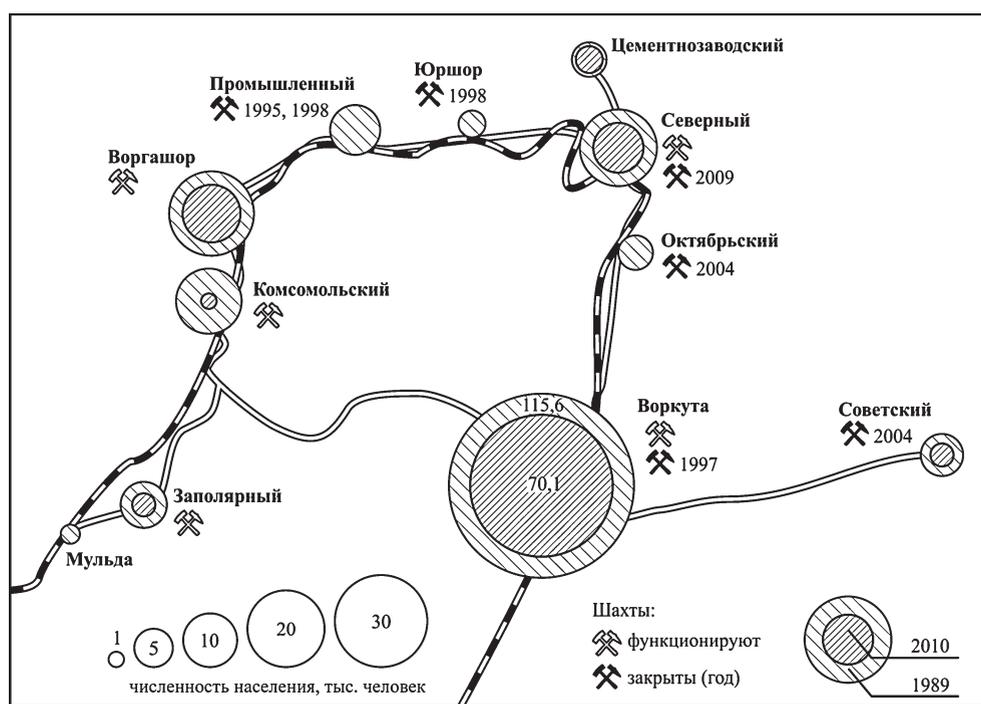


Рис. 3. Динамика численности населения в населенных пунктах “Большой Воркуты”

неблагоприятной структуры промышленности города, в которой основной сектор представлен добычей слабо востребованных рынком энергетических углей.

Для Инты характерна худшая среди всех городов Республики Коми динамика значения СИ с 1991 по 2011 г., этот показатель составляет -90% (рис. 1, 2). Значение ЭИ за тот же период сократилось с 89 до 19%, худшая динамика наблюдалась только в г. Емва. Изменение этих индексов хорошо отражает ухудшение социально-экономической ситуации.

Угольная специализация города постепенно размывалась, и в настоящее время отрасль обеспечивает лишь 17% численности занятых в экономике (при одной работающей шахте) и дает меньше налоговых поступлений, чем транспортировка природного газа.

Среди возможностей альтернативной занятости местного населения наиболее распространена вахтовая работа на объектах нефтедобычи в регионе, а также на строительстве газопровода Бованенково—Ухта.

В силу того что природные условия в районе Инты значительно мягче, чем в Воркуте, у населения существует возможность ведения личного подсобного хозяйства: распространены огороды, выращивают картофель, овощи в закрытом грунте, другие нетребовательные к теплу культуры. В Инте богаче возможности для самообеспечения населения, что является для местного населения аргументом против выезда из города.

Развитый внутригородской транспорт — фактор консервации пространственной структуры города: помимо городского ядра есть 3 поселка, построенных при шахтах. В двух из них массово проживают вахтовые рабочие, занятые на строительстве газопровода.

Из-за малых размеров город не обладает таким спектром функций по обслуживанию территории, как

Воркута, хотя в масштабах своего городского округа в Инте сформированы экономические связи. В существовании Инты как города заинтересованы строительные и нефтегазовые компании, Инта выполняет функции базового города для освоения прилегающих территорий.

Печора. К 1991 г. структура экономики Печоры была достаточно диверсифицирована, поэтому экономический кризис 1990-х гг. ударил по городу слабее, чем по Воркуте или Инте, что отражает динамика ЭИ и СИ (рис. 1, 2): за 1991—2011 гг. значение ЭИ возросло на 35%, а СИ — на 6%. С одной стороны, в городе и районе катастрофически сократился объем лесозаготовок и как следствие уменьшились перевозки водным транспортом. С другой стороны, в прилегающем районе продолжается добыча нефти и газа, действует крупная военная часть при радиолокационной станции, стабильно работают лидирующие предприятия по численности занятых (железнодорожное депо) и объему промышленной продукции (Печорская ГРЭС).

Таким образом, Печора не испытала настолько мощного оттока населения, как северные шахтерские города. Кроме того, локальная система расселения вокруг Печоры относительно компактна. В результате вокруг Печоры нет полностью заброшенных поселков, а в городе — заброшенных многоэтажных домов; отдельные пустующие квартиры на первых этажах реконструируются под объекты сферы услуг.

В Печоре возможности занятости вне добычи минеральных ресурсов и бюджетной сферы представлены шире, чем в Воркуте и Инте. В долине р. Печора становится возможным ведение товарного сельского хозяйства: около города расположены сельскохозяйственное предприятие, несколько дачных коопера-

тивов. Крупнейшие из предприятий малого бизнеса ведут малоэтажное жилищное строительство (для сравнения: в Инте и Воркуте за последние 20 лет не сдан ни один многоквартирный дом). Однако основные предприятия Печоры (ГРЭС, железнодорожное депо) обслуживают более северные города, специализирующиеся на отраслях топливно-энергетического комплекса, и, таким образом, зависят от их благополучия.

Ухта ни в коей мере не является убывающим городом, проблемы ее развития не характерны для северных городов Печорской магистрали. Это город с растущей экономикой (здесь действуют предприятия “Лукойла”, “Газпрома” и “Транснефти”) и стабильной численностью населения, окруженный широким поясом поселков городского типа и сельских населенных пунктов. В городе хорошо развита сфера услуг (действует единственный во всех четырех обследованных городах крупный торгово-развлекательный центр), именно севернее Ухты заканчивается автомобильная дорога с твердым покрытием.

Относительно благополучную социально-экономическую ситуацию в городе иллюстрирует динамика ЭИ и СИ (рис. 1, 2): за 1991—2011 гг. значение индексов возросло на 48 и 27% соответственно, что превышает изменение этих показателей для регионального центра.

Современная Ухта в некоторых аспектах напоминает Воркуту позднесоветского времени: работа в нефтегазовой сфере отличается тяжелыми условиями, высокими доходами и престижностью, как и работа в угольной отрасли 30 лет назад. Если в 1950-е гг. в Воркуте строились архитектурные шедевры того времени, то сейчас в Ухте возводятся новые офисы “Газпрома” и “Транснефти”. И что наиболее важно, благосостояние Ухты и всех фирм градообслуживающей направленности связано с состоянием трех главных нефтегазовых компаний (как добыча угля была ранее основой благосостояния Воркуты).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беловол А.А. Индустриальное освоение северных территорий Коми АССР в конце 1920-х — середине 1950-х гг. как фактор градообразования // Вестн. Поморского ун-та. Гуманитарные и социальные науки. 2008. № 6. С. 45—51.
2. Борозинец Л.Г., Зеликина Н.С., Кустышев А.Н. и др. История становления и развития нефтегазового комплекса Коми края (к истории освоения нефти Европейского Северо-Востока России). Ухта: УГТУ, 2004.
3. Лажнецов В.Н. Динамика социально-экономического развития Республики Коми // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2008. № 1. С. 18—35.
4. Любовный В.Я. Монопрофильные города в условиях кризиса: состояние, проблемы, возможности реабилитации. М.: ЗАО “Дортранспечать”, 2009.
5. Многофункциональный статистический портал (Мультистат) Главного межрегионального центра обработки и распространения статистической информации Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. URL: <http://www.multistat.ru/> (дата обращения: 03.06.2013).

Таким образом, для Ухты характерен тот же риск, что и для нефтегазовых городов Западной Сибири: проблемы на основных топливных предприятиях могут вызвать глубокий социальный кризис, массовый выезд населения и высвобождение жилого фонда, т.е. город может из категории растущих перейти в категорию убывающих городов.

Выводы:

- главная причина развития процессов городского убывания в исследуемых городах — экономические факторы — искусственно стимулированный рост в 1930—1950-х гг. [1] и высокая подверженность влиянию рыночной конъюнктуры в условиях монопрофильности структуры промышленности;

- специфика географического положения на северо-востоке европейской части России, в лесной, лесотундровой и тундровой зонах, усугубляет негативные демографические и экономические процессы, активизирует процессы убывания. Выражен градиент север—юг в экономической и демографической ситуации. При этом изолированное положение городов стимулирует исполнение ими функций по обслуживанию территории;

- однотипная территориальная специфика городского убывания характерна для всех городов. Наблюдается стабилизация численности населения в ядре, тогда как периферия городов и прилежащие населенные пункты теряют население интенсивнее. Возможности полной ликвидации неперспективных населенных пунктов ограничены недостатком средств и полномочий муниципальных органов исполнительной власти;

- влияние инвестиционных проектов крупного бизнеса на развитие городов неоднозначно: экономический эффект положителен, тогда как негативным следствием является усиление социальной стратификации населения по признаку принадлежности к крупным успешным компаниям.

6. Монопрофильные города и градообразующие предприятия: Обзорный доклад / Под ред. И.В. Липсица. М.: Издат. дом “Хроникер”, 2000.
7. Результаты Всесоюзных переписей населения 1959, 1970, 1979, 1989 гг. URL: <http://demoscope.ru/weekly/ssp/census.php> (дата обращения: 03.06.2013).
8. Beauregard R.A. Voices of decline. The Postwar fate of U.S. cities. Routledge; N.Y., 2003.
9. Bradbury K.L., Downs A., Small K.A. Urban decline and the Future of American Cities. The Brookings Institution. Washington, 1982.
10. Clark D. Urban decline. The British experience. Routledge; London, 1989.
11. Göb R. Die schrumpfende Stadt // Archive für Kommunalwissenschaften. 1977. Bd. 16.
12. Rink D., Haase A., Bernt M. Specification of working model // Shrink Smart Res. Workpage. Leipzig: Helmholtz Centre for Environmental Research — UFZ, 2009. N 1.

E.V. Antonov, E.A. Denisov, V.A. Efremova, A.M. Faddeev

**ACTUAL PROBLEMS OF URBAN SHRINKAGE DEVELOPMENT
IN THE NORTH-WEST OF THE KOMI REPUBLIC**

Actual problems of urban shrinkage were investigated for the north-west of the Komi Republic. Theoretic approaches to the analysis of the problems of depressive urban settlements are discussed. Integrated indices of social and economic situations in the cities were calculated. Growing disproportions of socio-economic development between the cities of the Komi Republic are revealed. Specific features of urban shrinkage in the towns of Vorkuta, Inta, Pechora and Ukhta are described basing on the results of field surveys.

Key words: urban shrinkage, European North, Komi Republic.

УДК 911.3:312

М.С. Савоскул¹, Н.А. Мозгунов², Г.А. Пивовар³**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ (на примере Калужской области)⁴**

Представлены результаты исследования социально-экономической трансформации малых городов Нечерноземья на примере Калужской области. Рассмотрены историко-генетические типы городов, показана динамика численности населения городов после 1991 г., трансформация демографической и миграционной ситуации в 2008—2010 гг., проведена типология малых городов Калужской области с точки зрения социально-экономической трансформации городов и трансформации преобладающих функций городов. Рассмотрены факторы, определяющие различные траектории развития малых городов Калужской области.

Ключевые слова: малые города Нечерноземья, социально-экономическая трансформация, динамика численности населения, миграции, рынок труда.

Введение. В значительной части социально-экономических географических исследований, посвященных развитию России, сделан вывод об усилении процессов пространственной концентрации большинства социально-экономических явлений [11]. Аналитики и эксперты уделяют значительное внимание диспропорциям территориального развития, все более рельефному проявлению центропериферийных отношений как в межрегиональном развитии, так и на региональном уровне территориальной организации общества. Так, исследования свидетельствуют о разнонаправленных траекториях социально-экономического развития регионов, территорий и городов — росте экономического и социального благополучия развитых центров и окружающих их территорий и значительном упадке периферийных территорий, к которым часто относят сельскую местность и малые города, не входящие в состав окружения благополучных центров социально-экономического развития.

Исследование малых городов в географии не является широким самостоятельным направлением географии городов. Географы, изучающие города, обращались и обращаются к проблематике малых городов. Среди классических работ советского периода по географии городов наиболее значимы для изучения малых городов работы С.А. Ковалева [5], О.А. Константинова [6], публикации В.Г. Давидовича, работы Г.М. Лаппо [7, 8], концепция единой системы расселения, разработанная Б.С. Хоревым и Д.Г. Ходжаевым [1, 2, 9, 13, 16—18].

В конце 1990-х гг. интерес к малым городам проявляли географы, изучавшие культурный ландшафт, к ним можно отнести работы Д.Н. и Н.Ю. Замятинских, К.А. Павлова, немалый вклад в изучение малых

городов внесли исследования В.Л. Глазычева [3, 4]. В 2000-е гг. интерес к малым городам появился у исследователей неформальной занятости населения, трудовой миграции [12, 15].

Проанализировав функциональный подход к анализу развития малых городов, на основе работ А.А. Минца, В.С. Преображенского, Г.М. Лаппо и с учетом современной ситуации в развитии малых городов можно выделить ряд функций, характерных для малого города [7, 8, 10], — селитебную, историко-культурную, демографическую, рекреационную, производственную, транспортную, обслуживающую, административную и др.

По данным переписи населения 2010 г., в России насчитывалось 788 малых городов, в них проживали 16,5 млн человек. На рис. 1 показана динамика роста числа малых городов в России и динамика численности населения в них.

По сравнению с 1989 г. число малых городов в России выросло. Это объясняется несколькими факторами: из-за снижения численности населения этих городов произошел переход ряда средних городов в категорию малых; статус малых городов получили некоторые крупные сельские населенные пункты и поселки городского типа. Средняя людность малого города в России увеличивалась до 1989 г., когда она составила 23,8 тыс. человек, по данным переписи 2010 г., средняя людность малого города России составляет 21 тыс. человек.

Постановка проблемы. В исследовании, результаты которого представлены в статье, основная цель состояла в выявлении закономерностей траекторий социально-экономического развития малых городов (на примере Калужской области) с точки зрения функционального подхода. Рассмотрены направле-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, вед. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* savoskul@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, мл. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* mozgunoff@list.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра экономической и социальной географии России, выпускница кафедры 2011 г.; *e-mail:* pivovar.gal@gmail.com

⁴ Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-06-00895).

ния трансформации функций малых городов в современных условиях и выявлены факторы, определяющие направления трансформации.

Выбор Калужской области в качестве региона исследования обусловлен рядом причин. Во-первых, одной из задач работы было выявление того, как активное экономическое развитие области влияет на ситуацию в малых городах региона. Во-вторых, в области велика доля населения, проживающего в малых городах, этот регион можно назвать одним из центров концентрации малых городов России, причем в Калужской области есть как относительно недавно возникшие города, так и города с древней историей. Третья причина заключается в экономико-географическом положении Калужской области: северная часть области входит в сферу влияния Московской агломерации, юг области можно отнести к внутренней периферийной территории, соответственно различаются и процессы, которые происходят в разных частях области. Таким образом, нами рассмотрены разные типы социально-экономического развития малых городов, расположенных в одном регионе.

Материалы и методы исследований. В ходе камерального этапа была собрана статистическая база данных для малых городов Калужской области. В ходе полевого этапа исследования применяли методы экспертного полуструктурированного интервью и наблюдения. На основе типологии социально-экономического состояния малых городов Калужской области выбраны следующие малые города, которые рассмотрены в качестве ключевых примеров: Таруса, Малоярославец, Мосальск, Козельск, Юхнов, Сосенский, Кондрово. Значительное внимание уделялось городам, расположенным вне сферы влияния Московской агломерации (за исключением Тарусы и Малоярославца). Интервью проводили с представителями администрации городов, с краеведами, местными жителями. Кроме того, на предварительном и заключительном этапах работы использованы материалы интернет-форумов малых городов Калужской области, что позволило уточнить и конкретизировать результаты работы.

В ходе экспертных интервью затрагивались следующие аспекты социально-экономического состояния малых городов: специализация города, трансформация экономики и рынка труда малого города, миграционное поведение населения города, основные социально-экономические проблемы территории, отношение жителей к городу, будущее развитие города и т.д.

Проведено 12 глубинных интервью, результаты которых, помимо статистической информации, использованы при составлении типологии социально-экономического состояния малых городов Калужской области. Используются также традиционные для социальной географии методы — историко-географический, описательно-аналитический, сравнительный, картографический.

Результаты исследований и их обсуждение. Общая характеристика малых городов Калужской области. В Калужской области на 01.01.2013 расположено 20 малых

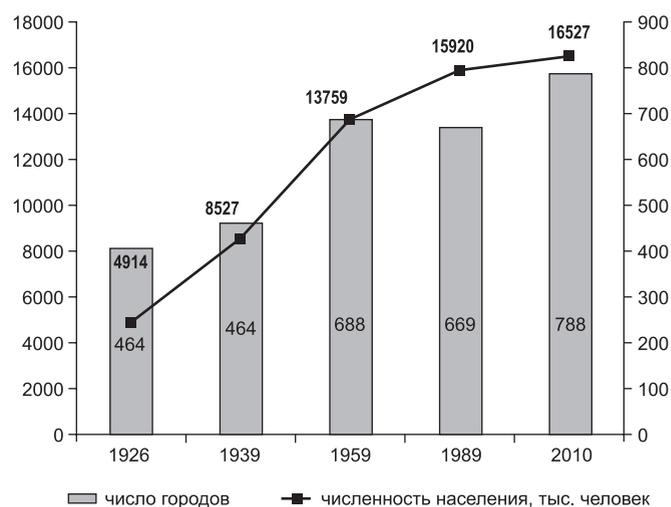


Рис. 1. Динамика числа малых городов РФ и численности населения в них, по данным переписей населения 1926–2010 гг.

городов, по данным переписи населения 2010 г., в них проживает 291,4 тыс. человек, что составляет 29% населения Калужской области. Средняя людность малого города в Калужской области составляет 14,5 тыс. человек. Для удобства анализа малые города Калужской области разделены на 2 статистические группы — с численностью населения >20 и <20 тыс. человек.

По историко-генетической классификации города Калужской области можно разделить на три группы (таблица). Первая группа — древние города, которые появились в XII—XIV вв. и затем вошли в сферу влияния Московского княжеств или оказались во фронтальной зоне, в том числе в сфере влияния Великого княжества Литовского. К ним относятся Козельск, Мосальск, Мещовск, Таруса, Боровск, Малоярославец, Медынь. Некоторые города утратили статус города (например, Перемышль).

Вторую группу составляют города, длительное время развивавшиеся как крупные села, упоминание о которых отнесено к XVIII в. Промышленность в этих городах появилась, как правило, еще до активной стадии развития капитализма в России. Но статус города большинство из них получило уже в XX в., к ним относятся такие города, как Людиново, Жиздра, Кондрово и т.д.

К третьей группе по историко-генетической классификации относят города, активно развивавшиеся в промышленном отношении в конце XIX — начале XX в. и получившие статус города либо во второй половине XX в. (Балабаново), либо после 1989 г. (Жуков, Сосенский, Кременки). Совсем недавно в зоне влияния Московской агломерации появились еще два новых города — Белоусово и Ермолино.

Современная социально-экономическая ситуация в малых городах Калужской области. Динамика численности населения, миграционная демографическая ситуация. По данным переписи населения 2010 г., численность населения всех малых городов Калужской области за период с 1989 г. увеличилась прежде всего за счет смены статуса поселков городского типа на

Характеристика малых городов Калужской области (составлено по данным Росстата, интернет-источникам)

Район	Город	Численность населения, человек			Разница между 1989 и 2010 г.	2010 г. к 1989 г., %	Год основания	Год получения статуса города
		1989 г.	2002 г.	2010 г.				
Боровский	Боровск	13 405	11 917	12 283	-1122	91,6	1358	
	Балабаново	19 139	23 312	26 337	7198	137,6	1610	1972
	Ермолино	10 550	9454	10 409	-141	98,7	1470	2008
Дзержинский	Кондрово	17 212	17 177	16 809	-403	97,7	1790	1938
Жиздринский	Жиздра	5439	5719	5996	557	110,2	1777	
Жуковский	Жуков	2952	12 306	12 131	9179	410,9		1996
	Белоусово	11 886	8643	8588	-3298	72,3	пгт с 1962	2004
	Кременки	нет данных	12 345	11 823	—	—	пгт с 1989	1996
Кировский	Киров	35 962	38 893	38 624	2662	88,7	1744	1936
Козельский	Козельск	19 735	19 907	18 245	-1490	92,4	1146	—
	Сосенский	13 275	12 623	12 192	-231	98,2	пгт с 1952	1992
Людиновский	Людиново	43 696	41 829	40 530	-3166	92,7	1755	1938
Малоярославский	Малоярославец	26 582	30 422	30 392	3810	114,3	1380	—
Медынский	Медынь	8364	7940	7751	-613	99,2	1386	—
Мещовский	Мещовск	5382	4540	4386	-996	76,2	1238	—
Мосальский	Мосальск	4610	4500	3900	-710	93	1231	—
Спас-Деменский	Спас-Деменск	6239	5296	4964	-1275	78,5	село с 1446	1917
Сухиничский	Сухиничи	17 762	16 387	15 445	-2317	91,6	1840	—
Тарусский	Таруса	8795	9893	9660	865	109,8	1246	—
Юхновский	Юхнов	6059	7692	7056	997	116,5	1508	1796

статус города (Сосенский, Кременки, Жуков, Белоусово, Ермолино). Численность населения в преобладающем большинстве малых городов области, как прежних, так и недавно получивших статус города, снижается (таблица).

Тенденция последних лет заключается в сокращении населения в городах с численностью населения >20 тыс. человек, преимущественно это промышленные центры, например, Киров за 5 лет потерял 1/6 населения. Такое резкое снижение численности населения, возможно, объясняется выводом одного из близлежащих поселков из официальных границ города. Незначительная убыль населения отмечается также в Людинове и Малоярославце.

Численность населения г. Балабаново увеличивается на протяжении всего периода наблюдений. Это можно объяснить удобным транспортно-географическим положением города, который является крупным железнодорожным узлом и расположен недалеко от Москвы. Балабаново привлекает значительное число мигрантов.

В малых городах Калужской области с численностью населения <20 тыс. человек в настоящее время

убыль населения происходит с меньшей скоростью, чем в предыдущей группе городов. Это объясняется тем, что период активного оттока населения в крупные города уже завершен, естественная убыль населения в незначительной степени компенсируется миграционным притоком населения из сельской местности. Среди городов с численностью населения <20 тыс. жителей растут Медынь, Боровск и Сухиничи.

Для всех малых городов Калужской области характерна сложная демографическая ситуация (рис. 2, 3). Максимальная естественная убыль населения наблюдается в городах с населением <10 тыс. человек. Это объясняется тем, что в структуре населения городов этой категории высока доля населения старшего возраста, что усугубляется постоянным миграционным оттоком населения в трудоспособном возрасте.

В городах с численностью населения 20–50 тыс. человек демографическая ситуация более благоприятная, чем в вышеописанной категории городов, что можно объяснить более благополучной ситуацией на рынке труда этих городов, меньшей долей лиц старше трудоспособного возраста.

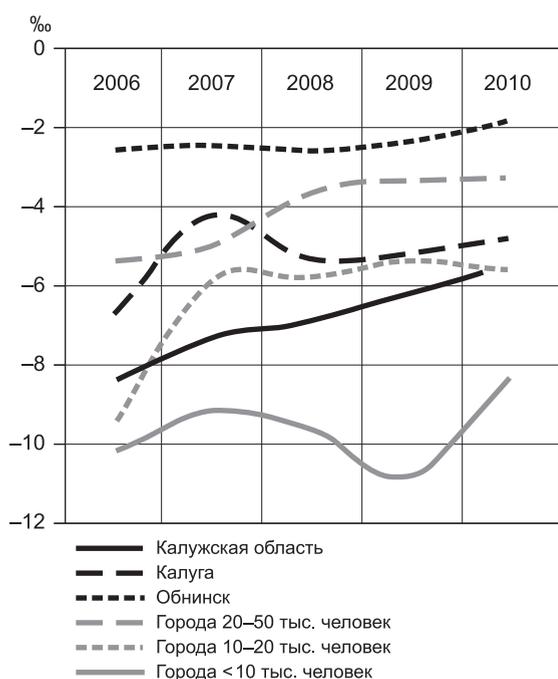


Рис. 2. Динамика естественной убыли населения в городах Калужской области, 2006—2010 гг., %. Составлено по [14]

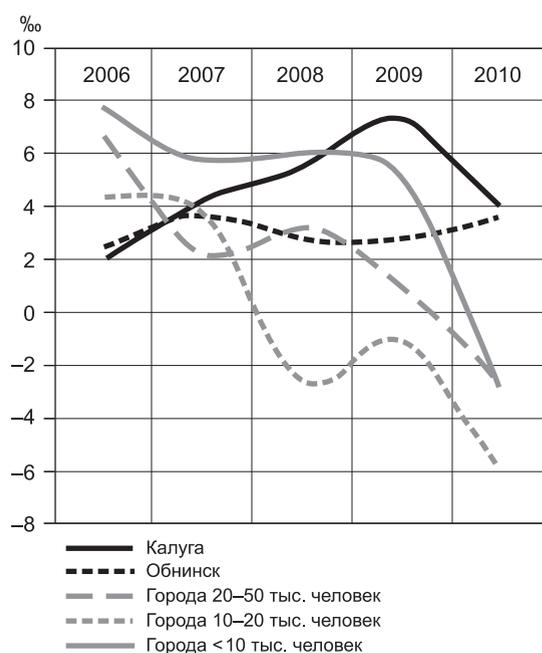


Рис. 3. Динамика миграционного прироста (убыли) населения в городах Калужской области, 2006—2010 гг., %. Составлено по [14]

Миграционная ситуация в малых городах Калужской области за 2008—2010 гг. характеризуется оттоком населения из всех категорий малых городов, что вероятнее всего связано со стагнацией процесса притока внешних мигрантов и депопуляцией сельских территорий, не способных поддерживать миграционный приток в малые города (рис. 3).

В целом доля малых городов в населении трудоспособного возраста значительно ниже, чем в общей численности населения по области, это свидетельствует о незначительном потенциале этих городов в качестве источника трудоспособного населения.

Занятость населения на крупных и средних предприятиях в малых городах. Калужская область отличается более высоким уровнем экономической активности населения (70% при 68% в среднем по РФ, по данным 2009 г.), этот показатель значительно вырос в последние годы (в 2002 г. он составлял 64%). Для малых городов Калужской области занятость меняется в зависимости от уровня их экономического развития, специализации экономики и от удаленности от Москвы и Калуги.

Максимальна доля населения, занятого на крупных и средних предприятиях, в относительно благополучных промышленных центрах — Кирове, Людинове, Балабанове.

В городах — центрах сельскохозяйственных районов показатель занятости населения на крупных и средних предприятиях города составляет 40—60%. При анализе рынка труда наиболее наглядный показатель — среднемесячная заработная плата. В группу с максимальной заработной платой входят города с развитой промышленной функцией, расположенные на севере области: Балабаново (крупный железнодоро-

рожный узел), Малоярославец (имеет значительный промышленный потенциал), Жуков (ориентирован на Московскую область), Кондрово (центр целлюлозно-бумажной промышленности, находящийся под влиянием регионального центра), Сосенский (центр высокоточного приборостроения), Медынь (специализируется на пищевой и мебельной промышленности). Таруса и Боровск, несмотря на то что не имеют развитой промышленности, в значительной степени ориентированы на Московскую агломерацию, что также отражается на уровне заработной платы.

В малых городах — центрах административных районов, не обладающих развитой экономической базой и удаленных от ареала экономического развития, уровень заработной платы ниже, чем в среднем по области (рис. 4).

Индустриальный потенциал малых городов Калужской области. Область — активно развивающийся промышленный регион. Подъем промышленного производства в Калужской области начался в 2007 г. благодаря реализации крупных инвестиционных проектов: за год объем производства вырос на 18%, а в 2008 г. — почти на 1/3 (в результате экономического кризиса объем промышленного производства несколько сократился).

Инвестиционное развитие области в меньшей степени затронуло малые города региона, чем Калугу и второй по величине город области — Обнинск. Доля малых городов в обрабатывающем производстве области сократилась с 2006 по 2010 г. с 30 до 11%. В максимальной степени этот процесс повлиял на города с явно выраженной промышленной специализацией экономики и с численностью населения 20—50 тыс. человек. Сходная ситуация наблюдается и в группе

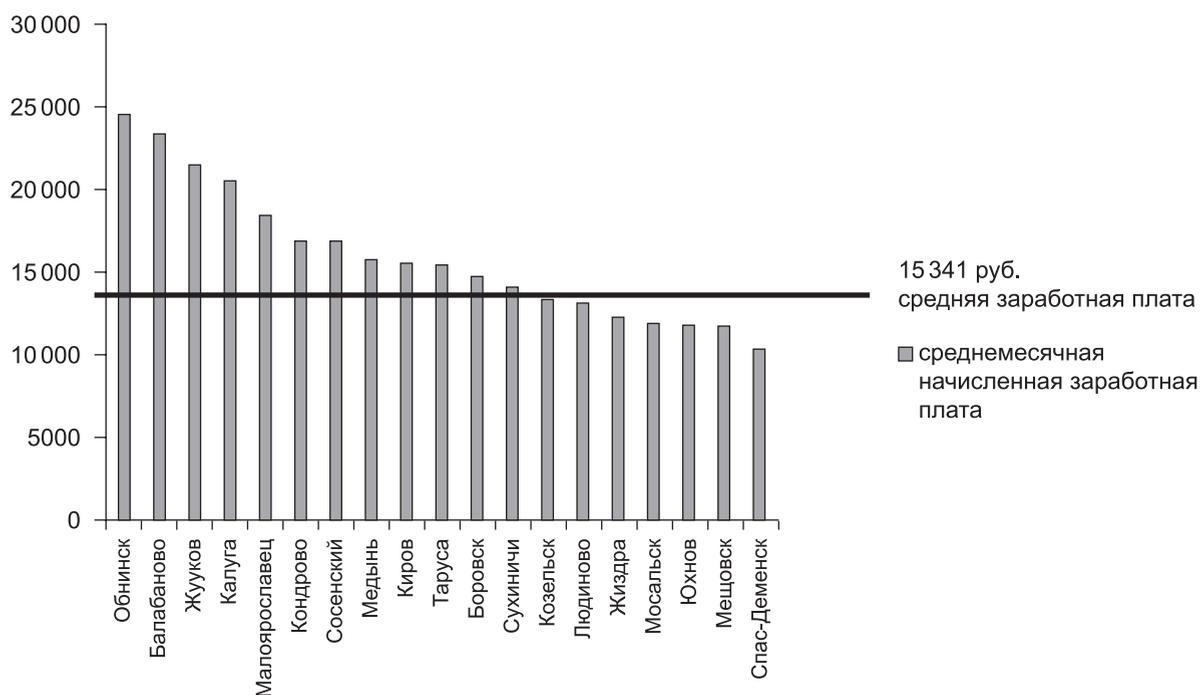


Рис. 4. Уровень заработной платы населения малых городов Калужской области, руб., 2010 г. Составлено по [14]

городов с численностью населения 10—20 тыс. человек, хотя в процентном отношении сокращение произошло не столь резко.

Такое относительное уменьшение промышленного потенциала малых городов на фоне развития области объясняется рядом факторов. С одной стороны, происходит увеличение общего объема показателя промышленного производства за счет возникновения новых производств в Калуге и размещения инвестиционных площадок за пределами городских поселений, в результате чего увеличивается доля “прочих территорий” в промышленном производстве области. С другой стороны, промышленный потенциал малых городов снижается из-за отсутствия модернизации промышленных производств, расположенных в малых городах Калужской области.

В малых городах области с численностью населения <10 тыс. человек промышленное производство практически отсутствует, поэтому доля этой категории городов в обрабатывающем производстве области сохранилась на прежнем низком уровне (1%).

Результаты исследований показали, что на жизнь малых городов усиливает влияние Московская агломерация. Близость к Москве и наличие развитой сети автомобильных и железных дорог становятся определяющими для развития многих малых городов области. Например, в Боровске и Тарусе функция культурно-рекреационного центра обслуживания жителей Москвы и Московской области становится доминирующей. Кроме того, близость Москвы привела к возникновению новых городов в области в 2000-х гг.

Снижается роль малых городов как обслуживающих центров сельской местности, что вызвано сокращением аграрного производства в области, ослаблением или исчезновением ранее существовавших

производственных связей между малыми городами и сельской местностью. В итоге происходит резкая поляризация направлений социально-экономического развития малых городов Калужской области. По итогам анализа статистики и полевых данных определены три типа малых городов Калужской области по уровню социально-экономического развития и трансформации функций малых городов.

К *первому типу* относятся города, расположенные в северной части Калужской области и находящиеся под влиянием Московской агломерации. Эти города можно разделить на несколько групп по функциям и направлениям социально-экономического развития. Первая группа — города, расположенные на транспортных артериях, они выполняют селитебные, промышленные, трудовые ресурсы функции и достаточно активно развиваются (Балабаново, Малоярославец, Медынь, Кременки, Ермолино, Белоусово). В перспективе эти города полностью войдут в сферу влияния столичной агломерации.

Вторая группа — города, удаленные от транспортных артерий, через которые не проходит железная дорога, но в силу двухчасовой доступности от Москвы, привлекательности природного ландшафта, значимости историко-культурного наследия они становятся рекреационными центрами для жителей Московской агломерации (Боровск, Таруса).

Ко *второму типу* малых городов отнесены города с исторически развитой промышленной или транспортной функцией, расположенные в южной части Калужской области (Сухиничи, Кондрово, Людиново, Киров, Сосенский). Эти города можно классифицировать как относительно автономные селитебные и промышленные центры. Из-за большей удаленности от Москвы они сохраняют промышленную и

транспортную функции, являются значимыми административными и обслуживающими центрами для окружающей сельской местности. Относительная социально-экономическая стабильность этих городов часто зависит от деятельности ведущего промышленного предприятия.

Третий тип составляют города внутренней периферии области с доминирующей административно-обслуживающей функцией для окружающей сельской местности, селитебной функцией, но менее выраженной, чем для городов, расположенных ближе к Москве, и рекреационной функцией (Юхнов, Жиздра, Спас-Деменск, Мещовск, Мосальск). В этих городах во многом исчерпан внутренний потенциал развития и внешние импульсы развития сильнее внутренних, что приводит к усилению субъективных факторов в развитии городов.

Выводы:

— для малых городов в Калужской области один из ключевых факторов усиления той или иной функции — близость города к Московской агломерации. Если город попадает в поле воздействия Московской

агломерации, вероятнее всего развитие в нем промышленной функции или рекреационной функции. Второй по значимости фактор развития — историческая специализация города, она особенно важна в городах, которые являются значимыми промышленными центрами областного уровня, как, например, Кондрово и Людиново;

— в городах с низким потенциалом социально-экономического развития фактор исторической специализации также часто значим, поскольку нет новых факторов, определяющих развитие;

— города, которые ранее были небольшими центрами сельскохозяйственных районов по переработке местной сельскохозяйственной продукции, в основном утратили эту функцию в связи с кризисной ситуацией в сельском хозяйстве. Определяющей для них становится базовая городская административно-обслуживающая функция;

— можно говорить об усиливающихся расхождении в социально-экономическом развитии не только на региональном уровне, но и на уровне малых городов, относящихся к одному иерархическому уровню.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов С.А. Малый советский город 1960—80-х гг. в зеркале отечественной урбанистики // Новый истор. вестн. 2003. № 9. С. 123—133.
2. Владимиров В.В. Малые города: некоторые вопросы типологии, административного статуса, развития, управления и генерального плана // Градостроительство в век информатизации. М.: Едиториал УРПС, 2002. С. 37—41.
3. Глазычев В.Л. Уездный город N // Отечественные записки. 2002. № 6 (7). http://www.glazychyev.ru/habitations&cities/2002_UezdGrad.htm (дата обращения: 25.12.2013).
4. Глазычев В.Л. Глубинная Россия: 2000—2002. М.: Новое издательство, 2005. 325 с.
5. Ковалев С.А. Типы поселений — районных центров СССР // Вопр. геогр.: Сб. 56. М., 1962. С. 54—72.
6. Константинов О.А. О классификации городов в экономической географии // Вопр. геогр.: Сб. 41. М., 1957. С. 65—92.
7. Ланно Г.М. География городов. М.: ВЛАДОС, 1997. 480 с.
8. Ланно Г.М. Города России: Взгляд географа. М.: Новый хронограф, 2012. 504 с.
9. Малый город: Социально-демографическое исследование небольшого города / Под ред. Б.С. Хорева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 248 с.
10. Минц А.А., Преображенский В.С. Функция места и ее изменение // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1970. № 6. С. 118—131.
11. Нефедова Т.Г., Трейвиш А.И. Сильные и слабые города России // Полюса и центры роста в региональном развитии. М.: ИГ РАН: Междунар. академия регионального развития и сотрудничества, 1998.
12. Плюснин Ю.М., Заусаева Я.Д., Жидкевич Н.Н., Позаненко А.А. Отходники. М.: Новый хронограф, 2013.
13. Пути развития малых и средних городов центральных экономических районов СССР. М.: Наука, 1967.
14. Социально-экономические показатели городов Калужской области, 2010 г. Калуга, 2011.
15. Флоринская Ю.В. Трудовая миграция из малых российских городов как способ выживания // Соц. исследования. 2006. № 6. С. 79—86.
16. Ходжаев Д.Г., Кочетков А.В., Листенгурт Ф.М. Система расселения в СССР (вопросы комплексного планирования). М.: Экономика, 1977.
17. Ходжаев Д.Г., Хорев Б.С. Концепция единой системы расселения и плановое регулирование роста городов в СССР // Проблемы урбанизации в СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971.
18. Хорев Б.С. Городские поселения СССР. М.: Мысль, 1968.

Поступила в редакцию
20.07.2013

M.S. Savoskul, N.A. Mozgunov, G.A. Pivovarov

SOCIAL-ECONOMIC TRANSFORMATION OF SMALL TOWNS OF THE NON-CHERNOZEM REGION (CASE STUDY OF THE KALUGA OBLAST)

Socio-economic transformation of small towns of the Non-Chernozem region was studied in the Kaluga oblast. Historical-genetic types of towns are described, as well as the dynamics of urban population numbers after 1991 and the transformation of demographic and migration situation in 2008—2010. Small towns of the Kaluga oblast were classified with account of their socio-economic transformation and changes of prevailing urban functions. Factors governing the trends of development of small towns in the Kaluga oblast are discussed.

Key words: small towns of the Non-Chernozem region, socio-economic transformation, dynamics of population numbers, migrations, labor market.

ЮБИЛЕИ

ЮБИЛЕЙ НАТАЛЬИ АНДРЕЕВНЫ ВОЛОДИЧЕВОЙ



В марте 2014 г. доцент кафедры криолитологии и гляциологии Наталья Андреевна Володичева отмечает свой юбилей. Вся ее жизнь связана с Московским университетом и географическим факультетом.

В студенческие годы ей выпала честь учиться у таких выдающихся географов, как акад. К.К. Марков, проф. И.С. Щукин и А.М. Рябчиков. В 1961 г. она окончила факультет по специальности “Геоморфология”, начала работать старшим лаборантом, затем инженером, младшим научным сотрудником, ассистентом и в 1981 г. была избрана доцентом кафедры криолитологии и гляциологии.

В 1960—1980 гг. Н.А. Володичева в коллективе гляциологов географического факультета МГУ под руководством проф. Г.К. Тушинского проводила исследования современного оледенения, снежности, лавинной и селевой опасности горных территорий СССР. Г.К. Тушинский оказал значительное влияние на формирование научных интересов Н.А. Володичевой и был руководителем ее научной работы. С 1972 г. Н.А. Володичева работает на кафедре криолитологии и гляциологии. В 1979 г. Наталья Андреевна блестяще защитила кандидатскую диссертацию на тему “Лавинная опасность трассы БАМ”.

С 1980 г. она работала в тесном сотрудничестве с профессором К.Ф. Войтковским. Результатом этих работ стали новые исследования строения снежной

толщи и разработка современных способов и методов защиты от снежных лавин.

В течение нескольких десятилетий работ на Сахалине, Камчатке, Курильских островах, в Хибинах, Прибайкалье и Забайкалье, на Центральном и Западном Кавказе — в Приэльбрусье, Домбае, Архызе и Красной Поляне — ею собран обширный исследовательский материал по снеголавинному режиму, лавинной опасности и взаимодействию нивально-гляциальных систем и изменений климата. По результатам исследований она опубликовала более 170 научных работ, соавтор 11 монографий, карт “Лавиноопасные районы Советского Союза” (1970, 1971) и 18 карт Атласа снежно-ледовых ресурсов мира.

В настоящее время научная работа Н.А. Володичевой связана с изучением эволюции нивально-гляциальных систем в высокогорье, исследованием строения и свойств снежного покрова, оценкой лавинной опасности в горах. Наталья Андреевна развивает новые научные направления в гляциологии — рекреационную гляциологию и гляциоэкологию, возглавляет гляциологическую группу кафедры. Она выступает как признанный эксперт в России в области лавиноведения и гляциологии, многократно участвовала в научных программах на телевидении.

Н.А. Володичева читает базовые курсы лекций для студентов кафедры: “Основы мерзлотоведения и гляциологии”, “Гляциология”, “Лавиноведение”, “Криогенные и гляциальные процессы в горах”, новый межфакультетский курс “Лед и снег в меняющемся мире”. Отметим педагогический талант Натальи Андреевны, более 30 лет она неизменно и с энтузиазмом руководит зимними экспедициями НСО и летними учебными практиками кафедры, является одним из организаторов студенческой научной работы на факультете, работает со школьниками в Школе юных географов. Под ее руководством защищено более 80 курсовых, дипломных и магистерских работ, а также 5 кандидатских диссертаций.

С 1992 г. Н.А. Володичева — научный руководитель Эльбрусской учебно-научной базы географического факультета МГУ. Она поддерживает научные контакты с учеными Берлинского и Мюнхенского университетов, где прочла циклы лекций по гляциологии. Она член Международной гляциологической ассоциации, редколлегии журнала “Лед и снег”. Ее работы широко известны, ее любят и уважают гляциологи нашей страны. Н.А. Володичева — лауреат премии имени

М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность (2002), награждена 3 медалями (1971, 1984, 1997), имеет почетное звание “Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации” (2004), Заслуженный преподаватель Московского университета (2009).

Дорогая Наталья Андреевна! Сердечно поздравляем Вас с юбилеем и желаем Вам многолетней плодотворной деятельности.

Редколлегия журнала

ЮБИЛЕЙ ТАМАРЫ АЛЕКСЕЕВНЫ ЯНИНОЙ

22 марта 2014 г. — юбилей Тамары Алексеевны Яниной, доктора географических наук, заведующей научно-исследовательской лабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ответственного секретаря редколлегии журнала “Вестник Московского университета. Серия 5. География”.

Т.А. Янина — выпускница кафедры общей физической географии и палеогеографии географического факультета МГУ и аспирантуры этой же кафедры. Вся ее творческая жизнь связана с географическим факультетом и лабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, в которой она прошла путь от младшего научного сотрудника (1980) до заведующей лабораторией (2009).

Тамара Алексеевна — признанный специалист в области палеогеографии и стратиграфии четвертичного периода в нашей стране и за рубежом. Сосредоточив основное внимание на Каспийско-Черноморском регионе, проведя масштабное изучение его новейших отложений комплексом методов, она разработала биостратиграфические схемы плейстоцена Каспия и Понта, реконструировала палеогеографию их бассейнов, предложила концепцию развития региона, объясняющую основные события его плейстоценовой истории. Результаты исследований отражены ею в кандидатской (1981) и докторской (2009) диссертациях, многочисленных публикациях и докладах. Научные труды Т.А. Яниной широко известны. Она автор 18 монографий и около 200 статей. Две ее персональные монографии отмечены наградами: первой премией Ученого совета географического факультета (“Дидакны Понто-Каспия”, 2005) и премией имени Д.Н. Анучина (“Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция”, 2012). Т.А. Янина —

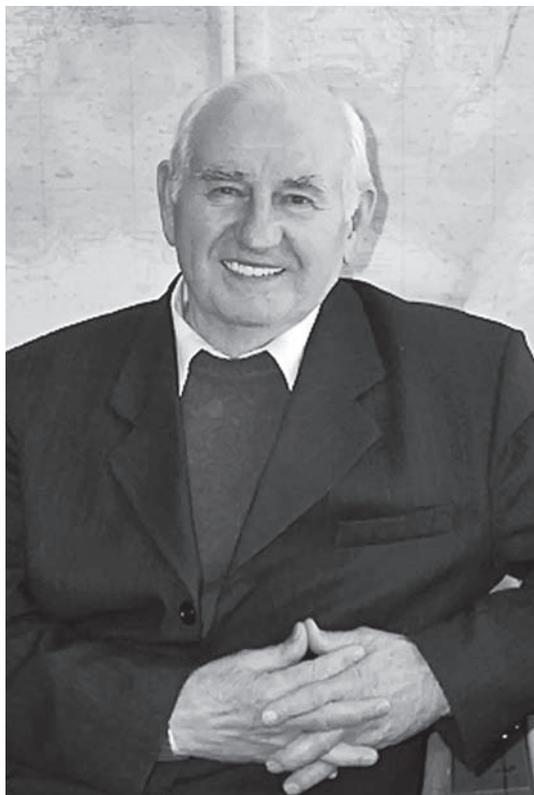
руководитель и участник многих проектов РФФИ, ряда международных программ и проектов. В настоящее время она является соруководителем масштабного проекта ЮНЕСКО “From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response During the Quaternary”.

Занимая активную жизненную позицию, Т.А. Янина со студенческих лет занимается общественной и научно-организационной работой. В настоящее время она, являясь членом ученого совета географического факультета, работает в двух его комиссиях, член диссертационного совета при МГУ, организатор ряда российских и международных научных мероприятий. Последние 5 лет Тамара Алексеевна работает в должности заведующей научно-исследовательской лабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена. Благодаря ее инициативам и усилиям значительно активизировалась научная и учебно-педагогическая работа лаборатории: издан ряд монографий, широко востребованных научным сообществом, реализуются новые проекты, проводятся научные форумы; студентам факультета читают два полных курса и ряд отдельных лекций, осуществляется руководство курсовыми и дипломными работами — лаборатория вышла на новый виток своего развития.

Тамара Алексеевна — исключительно трудолюбивый, а также очень доброжелательный, отзывчивый и неравнодушный человек, искренне преданный своему делу, ее уважают и любят коллеги и друзья. От всей души поздравляем Тамару Алексеевну с юбилеем и желаем на долгие годы крепкого здоровья, новых творческих открытий, счастья и благополучия!

Редколлегия журнала

90-ЛЕТИЕ ГЕОРГИЯ ИВАНОВИЧА РЫЧАГОВА



26 апреля 2014 г. исполняется 90 лет Георгию Ивановичу Рычагову. Г.И. Рычагов — тот человек, к кому в сложные минуты идут за советом. Жизненный опыт и редкий дар стратегического научного предвидения сочетаются у него с простотой в общении и мягким юмором. Георгий Иванович — любимец многих поколений студентов, крупнейший специалист в области геоморфологии и палеогеографии, признанный лидер в вопросах методики геоморфологических исследований и преподавания географии в высшей школе. Он заслуженный деятель науки РФ (1984), заслуженный профессор Московского университета (1994), лауреат Ломоносовской премии МГУ за педагогическую деятельность (1996) и Анучинской премии (1981), почетный член Русского географического общества (1990), доктор географических наук (1977), профессор кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ (с 1978 г.). С 1970 по 1980 г. он был заместителем декана географического факультета по учебной и научной работе, а с 1980 по 1990 г. — деканом факультета. В эти же годы он входил в Ученый совет МГУ, был председателем секции географии УМО университетов СССР, руководителем семинара географов стран — членов СЭВ, главным редактором журнала «Вестник Московского университета. Серия 5. География». С 1980 г. и до настоящего времени он член ученого совета географического факультета, член редколлегии журнала «Вестник Московского университета. Серия 5. География».

Весь жизненный путь Г.И. Рычагова — яркий пример того, как деревенский мальчик из далекого села в Саратовской (ныне Пензенской) области смог стать профессором лучшего в стране университета. Он закончил среднюю школу за 5 дней до начала Великой Отечественной войны. В июне 1942 г. был призван в армию и направлен сначала в Вольскую высшую авиационную школу авиамехаников, а затем в действующую армию. Г.И. Рычагов — участник сложнейших этапов Великой Отечественной войны: Сталинградской и Курской битв, Корсунь-Шевченковской и Яско-Кишиневской операций, штурма Будапешта и Вены. Закончил он войну в районе г. Санкт-Пельтен (в 60 км западнее Вены). За боевые заслуги Георгий Иванович имеет два ордена и около 10 медалей. Демобилизовался он в апреле 1948 г. и в этом же году поступил на географический факультет МГУ.

С отличием окончив университет (1953) и завершив обучение в аспирантуре защитой кандидатской диссертации, Г.И. Рычагов несколько лет проработал в Московском государственном педагогическом институте имени В.И. Ленина, а в 1965 г. вернулся в МГУ на родную кафедру. С этого времени он постоянный участник и руководитель ежегодных экспедиций и учебных практик на побережье Каспийского моря — его главной творческой привязанности. Проблематика научных исследований профессора Г.И. Рычагова довольно широка. Однако основным итогом его многолетних исследований стали докторская диссертация, а затем монография, посвященные четвертичной истории Каспийского моря, в которых он на основе детального геолого-геоморфологического анализа обосновал полностью оправдавшийся впоследствии долгосрочный прогноз колебаний уровня Каспия.

Как профессор географического факультета МГУ, Г.И. Рычагов много сил отдает педагогической работе. Поражает его умение доходчиво объяснять сложные природные явления и взаимосвязи, удивительно точно подбирая для этого примеры из повседневной жизни. Не одно поколение студентов начинало учебу на факультете с его учебника «Общая геоморфология», написанного в соавторстве с О.К. Леонтьевым (в 1981 г. за этот учебник была присуждена Анучинская премия). В 2006 г. Г.И. Рычагов переработал и существенно дополнил учебник, который вошел в серию «Классический университетский учебник». Более 30 лет Г.И. Рычагов читал курс «Общая геоморфология» для студентов 1-го курса, создал и многие годы вел оригинальный курс «Геоморфологический анализ при палеогеографических реконструкциях» для студентов 4-го и 5-го курса. Он разработал и внедрил в учебный процесс концепцию комплексной полевой учебной общегеографической практики для студентов 1-го курса, основанную на изучении взаимосвязей между компонентами географического ландшафта на единой территории.

Г.И. Рычаговым лично и в соавторстве написано около десяти учебных пособий, разработан ряд учебных программ лекционных курсов и учебных студенческих практик 1-го и 2-го курса. Он руководил десятками студенческих курсовых и дипломных работ, подготовил 12 кандидатов наук (один из них стал доктором наук). Для молодых коллег и учеников Ге-

оргий Иванович — пример честного отношения к науке, любви к природе и уважительного отношения к людям.

Поздравляем Георгия Ивановича Рычагова с юбилеем, желаем ему здоровья, бодрости и еще многих благодарных учеников!

Редколлегия журнала

75-ЛЕТИЕ ВАЛЕРИАНА АФАНАСЬЕВИЧА СНЫТКО

18 января 2014 г. исполнилось 75 лет профессору кафедры физической географии и ландшафтоведения, члену-корреспонденту РАН, крупному физикогеографу — ландшафтоведу, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, главному научному сотруднику Института истории науки и естествознания имени С.И. Вавилова Валериану Афанасьевичу Снытко. После окончания в 1961 г. кафедры физической географии СССР он был распределен в Институт географии Сибирского отделения РАН, где прошел путь от старшего лаборанта до директора, причем заместителем директора юбилей стал в далеком 1969 г.

Учителями В.А. Снытко были выдающиеся ученые — академик В.Б. Сочава и профессор М.А. Глазовская, под руководством которой в 1966 г. им была защищена кандидатская диссертация по геохимии южнотаежных фаций Средней Сибири, его многолетние исследования внесли существенный вклад в развитие фундаментальных проблем комплексной физической географии и геохимии ландшафта. В.А. Снытко — автор более 400 научных работ, в том числе монографий “О геохимии южнотаежных темнохвойных фаций Средней Сибири и Дальнего Востока” (1967), “Изучение степных геосистем во времени” (1976), “Вещество в степных геосистемах” (1984), “Географическое изучение Азиатской России”, “Геосистемы и картографирование эколого-географических ситуаций приселенгинских котловин Байкальского региона” (2000). Им обосновано новое научное направление — динамика вещества в геосистемах. В 1984 г. В.А. Снытко успешно защитил докторскую диссертацию, посвященную пространственно-временным геохимическим закономерностям степных ландшафтов.

В последние годы В.А. Снытко успешно разрабатывает современные проблемы исторической географии и принимает активное участие в полевых исследованиях исторических водных путей Севера и Северо-Запада России (XVIII—XX вв.), он соавтор трех капитальных монографий по этому направлению. Огромная заслуга Валериана Афанасьевича заключается в организации и развитии сети комплексных физико-географических стационаров в Сибири.



Под руководством юбиляра защищено более 20 кандидатских диссертаций. Многие годы В.А. Снытко был председателем Восточно-Сибирского отделения Русского географического общества, главным редактором журнала “География и природные ресурсы”. В настоящее время он член Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН, эксперт РФФИ, член нескольких диссертационных советов, в том числе при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. На географическом факультете он ведет семинар по современным проблемам ландшафтоведения.

Валериан Афанасьевич — патриот кафедры и факультета; доброжелательный и интеллигентный человек, снискавший глубокое уважение коллег, аспирантов и студентов. Желаем дорогому Валериану Афанасьевичу крепкого здоровья, новых экспедиционных исследований и творческих успехов.

Редколлегия журнала

60-ЛЕТИЕ СЕРГЕЯ ИВАНОВИЧА БОЛЫСОВА

27 марта 2014 г. исполняется 60 лет нашему коллеге, доктору географических наук, профессору кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета МГУ Сергею Ивановичу Болысову. Окончив среднюю школу, получив первые представления о большой географии в Школе юных географов географического факультета, он в 1971 г. поступил в Московский университет на географический факультет. После окончания учебы в университете в 1976 г. он начал работать на кафедре геоморфологии, где и трудится до сего дня.

С.И. Болысов активно участвовал в экспедиционной работе на Дальнем Востоке. Еще в 1970-е гг. он начал стационарные наблюдения за экзогенными процессами, прежде всего на Сатинском учебном полигоне, а затем и в других районах. Результаты этих наблюдений легли в основу написанных С.И. Болысовым диссертаций — кандидатской, где рассмотрена динамика и эволюция эрозионных процессов в бассейне средней Протвы, и докторской, в которой исследовано биогенное рельефообразование на суше. Последней проблеме посвящена двухтомная монография, заложившая основы нового направления в науках о Земле — биогенной геоморфологии. В ней изложены результаты многолетних авторских наблюдений и приведены количественные данные о роли биогенного фактора рельефообразования в центре Восточно-Европейской равнины; обобщен большой материал о формах земной поверхности, созданных живыми организмами, и закономерностях их пространственной группировки; предложена концепция эволюции биогенного рельефообразования в истории Земли; в дополнение к указанным В.И. Вернадским функциям живого вещества сформулирована геоморфологическая функция биоты. С учетом сказанного тема монографии юбилея шире, чем указано в ее названии, и касается роли живого вещества в рельефообразовании и эволюции планеты в целом.

Значительное место в научном и педагогическом творчестве Сергея Ивановича занимают методология и методика геоморфологических исследований. Он соавтор нескольких книг на эту тему, читает соответствующий курс. Немалую роль здесь играют, видимо, личные качества юбиляра, такие, как склонность к систематизации, упорядочению фактов и явлений. В течение ряда лет он возглавлял учебно-методическую комиссию факультета, руководил учебной деятельностью кафедры, разрабатывал новые учебные планы и программы.

С.И. Болысов ведет большую преподавательскую работу. Он читает курс общей геоморфологии с основами геологии для студентов географического факультета, курс геоморфологии с основами четвертичной геологии для студентов почвенного факультета, курсы динамической геоморфологии, экологической и прикладной геоморфологии, а также разработанный им курс “Биогенное рельефообразование”. С.И. Болысов много лет руководил учебной полевой геолого-геоморфологической практикой студентов 1-го курса, неоднократно проводил полевую практику студентов кафедры в Карпатах, Крыму, Дагестане и других районах; по его инициативе организована очень информативная учебная практика в Словакии. К этому надо добавить руководство курсовыми и дипломными работами студентов, диссертациями аспирантов и магистров, создание ряда учебных пособий.

Очень большое значение С.И. Болысов придает работе со школьниками и абитуриентами. Он руководит подготовительными курсами географического факультета, будучи отличным педагогом, проводит мастер-классы и готовит пособия для абитуриентов; продолжая традицию университетских профессоров, пишет соответствующие разделы в школьные учебники. Он соавтор серии новых, современных учебников.

С.И. Болысовым опубликовано более 80 работ, в том числе двухтомная монография, ряд монографий, учебников и учебных пособий в соавторстве.

Сергей Иванович придает большое значение формированию привлекательности кафедры, для чего использует не только учебные возможности, но занимается и внеаудиторной деятельностью. В течение многих лет он продолжал традиции зимних экспедиций научного студенческого общества, во многом его заслуга в том признании, которым пользуются эти экспедиции. Он бессменный хранитель традиций зимнего посвящения студентов в геоморфологи — особого кафедрального праздника в подмосковном лесу, собирающего до полутора сотен участников и включающего обязательный футбольный матч между посвящаемыми и посвящающими. Кафедру геоморфологии и палеогеографии трудно представить без такой яркой личности, как С.И. Болысов.

Сердечно поздравляем Сергея Ивановича Болысова с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов!

Редколлегия журнала

60-ЛЕТИЕ ЮРИЯ КИРИЛЛОВИЧА ВАСИЛЬЧУКА

15 января 2014 г. профессору географического факультета Юрию Кирилловичу Васильчуку исполнилось 60 лет. Вся жизнь Ю.К. Васильчука связана с географическим и геологическим факультетами университета.

Он поступил в университет в 1970 г., учился на кафедре криолитологии и гляциологии и был гляциологом, ездил в экспедиции на Джанкуат (Приэльбрусье) и на ледник Козельский (Камчатка). Затем он сменил специальность на криолитологию.

После окончания университета в 1975 г. Юрий Кириллович перешел в Тюменскую инженерно-геологическую экспедицию геологического факультета Московского университета, где работал гидрогеологом, а затем поступил в аспирантуру университета (1981—1982).

Кандидатскую диссертацию он защитил в 1982 г. под руководством проф. В.Т. Трофимова, причем задолго до окончания аспирантуры. Он ежегодно выезжал на полевые работы на Колыму, Алдан, Лену, Анадырь, Майн, о-ва Белый и Айон, в Якутию, Сеймчан, на Чукотку, где изучал мощные повторно-жильные льды и бугры пучения. География его исследований охватывает практически всю криолитозону России. Он впервые (1982) получил датированную радиоуглеродным методом изотопную диаграмму Сеяхинского полигонально-жильного комплекса. Впоследствии он лично опробовал и изучил более 50 опорных разрезов от Воркуты до Уэлена, что позволило выполнить прямое хронологическое сопоставление изотопных записей подземных и наземных льдов и их надежную возрастную привязку для периода более чем в 40 тыс. лет.

В 1991 г. Ю.К. Васильчук защитил докторскую диссертацию, став одним из самых молодых докторов-геокриологов. В ней он сформулировал новую модель циклически пульсирующего формирования сингенетических толщ с мощными повторно-жильными льдами и создал количественный палеотемпературный сценарий развития криосферы Северного полушария в позднечетвертичное время на основе изотопно-кислородных данных в сингенетических

ледяных жилах. Подчеркнем, что выдающиеся североамериканские геокриологи А.Л. Уошборн и Дж.Р. Маккай в отзыве на эту диссертацию с сожалением отметили, что в США и Канаде таких крупных изотопных обобщений нет.

Позже Ю.К. Васильчук впервые в мире (1998) выполнил прямое датирование повторно-жильных льдов с применением ускорительной масс-спектрометрии посредством радиоуглеродного анализа микровключений органики во льдах Сеяхинской и Шучьинской толщ на Ямале, разрезов Бизон, Плахинский Яр, Зеленый Мыс, Дуванный Яр и Мамонтова Гора в Якутии.

В 1996 г. Юрий Кириллович стал профессором кафедры криолитологии и гляциологии, а в 2009 г. — профессором кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета Московского государственного университета.

В 2000 г. Ю.К. Васильчук совместно с В.М. Котляковым выпустил учебник “Основы изотопной геокриологии и гляциологии”, который стал классическим и востребован специалистами, работающими в области изотопных методов, хотя он изначально предназначался для студентов.

Он читает авторский курс лекций “Основы изотопной гляциологии и криолитологии”, в котором студентам предложена система знаний и показано, что датирование Туринской плащаницы и падающий снег на Кавказе — часть целого мира, географии в самом широком смысле этого слова.

В 2008 г. по инициативе академика Н.С. Касимова на факультете организована изотопная лаборатория, руководит которой профессор Ю.К. Васильчук. Среди результатов работы этой лаборатории — статьи во многих отечественных и зарубежных престижных журналах, а также серия книг “Изотопные методы в географии”, четыре из них уже опубликованы (2011—2013) совместно с учениками.

Мы поздравляем Юрия Кирилловича и желаем ему доброго здоровья, новых успехов и свершений!

Редколлегия журнала

ХРОНИКА

ФОРУМ “АРКТИКА — ТЕРРИТОРИЯ ДИАЛОГА”

24—25 сентября 2013 г. в г. Салехард (Ямало-Ненецкий АО) состоялся III Международный арктический форум “Арктика — территория диалога”, проводимый под эгидой Русского географического общества. Форум — крупнейшая политическая и экспертная площадка для обмена мнениями по актуальным проблемам развития Арктического региона.

Первый форум “Арктика — территория диалога”, прошедший в сентябре 2010 г. в Москве, стал началом российской инициативы по обсуждению вопросов мирного и устойчивого развития Арктики. На форуме, посвященном проблемам сохранения окружающей среды в Арктике, безопасной реализации экономических и инфраструктурных проектов, а также устойчивого развития региона, приняли участие более 300 человек.

В сентябре 2011 г. в Архангельске прошел II Международный арктический форум, организованный совместно РГО и Северным (Арктическим) федеральным университетом. Форум собрал уже более 400 делегатов из России, арктических и приарктических стран, а также более 100 журналистов. На форуме, посвященном формированию арктической транспортной системы в качестве фундамента для развития Арктического региона, рассматривались вопросы развития судоходства, полярной авиации, морских и воздушных портов, транспортного коридора Северного морского пути.

Тема III форума — “Экологическая безопасность в Арктике”. Цель проведения — объединение усилий для поиска консенсуса между органами власти, научным сообществом, бизнесом и населяющим высокие широты населением по вопросам сохранения природной среды Арктики, ликвидации последствий хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата. В III форуме, проходившем в культурно-деловом комплексе Салехарда, приняло участие более 700 человек, из них более 250 человек из-за рубежа — из Финляндии, США, Сербии, Польши, Китая, Дании, Грузии, Германии, Азербайджана, Норвегии, Италии, Болгарии, Нидерландов, Испании, Великобритании. На форуме было аккредитовано свыше 100 журналистов. Ямал был выбран не случайно, он находится в авангарде реализации государственной политики РФ по освоению Арктической зоны. Кроме того, в округе осуществляются масштабные проекты в экономике, экологии, науке и других отраслях.

Открыл форум герой Советского Союза и России, первый вице-президент РГО, член-корр. РАН А.Н. Чилингаров, который отметил, что основная задача форума — обеспечение открытого свободного диалога на самые актуальные темы Арктики.

Перед участниками III форума выступил губернатор ЯНАО Д.Н. Кобылкин. Он рассказал, что деятельность в регионе базируется на трех фундаментальных принципах — сохранении культуры, обычаев и традиционной хозяйственной деятельности корен-

ных малочисленных народов Севера (численность коренных северян за последние 10 лет выросла на 11%); обеспечении экологической безопасности территории (каждый 10-й км² территории Ямала заповедный), а также на сохранении гармонии и баланса интересов топливно-энергетических компаний и коренных малочисленных народов (все проекты нефтегазовых компаний обязательно проходят процедуру общественных слушаний, на которых в качестве экспертов выступают и представители тундровых общин).

На открытии форума с приветственными словами к собравшимся обратились также глава Циркумпольного совета инуитов А. Линге и вице-президент РАН, председатель СО РАН А.Л. Асеев. Глава Совета старейшин коренных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока С.Н. Харючи предложил сделать проблему коренных народов главной темой следующего форума.

На первой тематической секции “Экологическая безопасность и здоровье населения Арктического региона” (модераторы — почетный президент РГО, акад. РАН В.М. Котляков и директор Исследовательского института циркулярного здоровья С. Чэтвуд, Канада) выступил заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения Института народно-хозяйственного прогнозирования РАН Б.А. Ревич с докладом на тему “Воздействие окружающей среды и изменения климата на здоровье человека в Арктике”. В обсуждении заявленной темы также приняли участие ректор Университета Тромсё (Норвегия) А. Хусебекке, директор Международного научно-образовательного центра общественного здравоохранения им. Р. Коха и И.И. Мечникова В.П. Чашин. С докладом, посвященным влиянию космических и гелиофизических факторов на здоровье населения Арктического региона, выступил начальник центра полярной медицины Арктического и Антарктического научно-исследовательского института Росгидромета В.Н. Шеповальников.

Модераторами тематической секции “Правовое регулирование защиты окружающей среды в Арктике” выступили посол по особым поручениям МИД России, представитель России в Арктическом совете А.В. Васильев и президент Университета Арктики (Норвегия) Л. Куллеруд. Участники форума заслушали доклады директора Института изучения экологических проблем и прав малочисленных народов Т. Койвуровой на тему “Эффективность многосторонних международных соглашений в обеспечении охраны окружающей среды в Арктике” и профессора Университета Акюрейри (Исландия) Н. Лукашевой на тему “Правовые аспекты управления арктической окружающей средой”. После основных докладов по этой проблеме развернулась довольно активная дискуссия.

Отвечая на вопросы заместителя председателя Комитета Госдумы по природным ресурсам, природопользованию и экологии М.В. Слипечука о целе-

сообразности заключения новых соглашений между Арктическими странами, А.В. Васильев отметил, что по Арктике уже заключено достаточно много соглашений и договоренностей между Арктическими государствами, в 2008 г. они договорились о том, чтобы не принимать никаких действий в одностороннем порядке, а решать проблемы путем договоренностей. Т.В. Злотникова (бывший председатель Комитета Госдумы РФ по экологии) предложила арктическим государствам заключить конвенцию по загрязнению Арктики по аналогии с Конвенцией по защите морской среды района Балтийского моря (Хельсинки, 1992).

По завершению первого дня работы Первый вице-президент РГО, декан географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, председатель Общественного совета при Минприроды России, академик Н.С. Касимов и президент Университета Арктики Л. Куллеруд подписали Соглашение о сотрудничестве.

Во второй день форума прошла секция “Экологическая безопасность освоения и использования Арктики” (модераторы — заместитель председателя Комитета Госдумы по природным ресурсам, природопользованию и экологии М.В. Слипичук и директор офиса на Аляске Арктической исследовательской комиссии, профессор Университета Аляски Л. Браем). Первым выступил президент фирмы “Statoil Russia” Я. Хельге Скоген с докладом на тему “Современные вызовы освоения арктического шельфа”. Он рассказал о новейших технологиях и технических средствах, которые использует “Statoil Russia” при добыче углеводородов на арктическом шельфе. Генеральный директор Финского метеорологического института П. Таалас выступил с докладом на тему “Об оптимальном для безопасности окружающей среды использовании энергии в северных и Арктических регионах”. Он показал фильм о деятельности гидрометеослужбы Финляндии в арктических широтах. Заместитель главы МЧС России А.П. Чуприян выступил с докладом на тему “Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктике”. Выступление руководителя Росгидромета А.В. Фролова было посвящено государственному мониторингу состояния и загрязнения Российской Арктики. Затем перед участниками форума выступил министр природных ресурсов и экологии С.Е. Донской с докладом “Освоение ресурсного потенциала и обеспечение экологической безопасности Арктики”.

Во второй половине дня состоялось пленарное заседание III Международного арктического форума, которое открыл Президент России, председатель попечительского совета Русского географического общества В.В. Путин. Перед участниками форума также выступил Президент Финляндской Республики С. Ниинисте, а также Президент Республики Исландия О.Р. Гримссон, присутствовавший на всех предыдущих арктических форумах. Председатель Группы старших должностных лиц по Арктике в Арктическом совете, президент Канадского агентства по экономическому развитию Севера П. Борби остановился на состоянии и существующих проблемах международного сотрудничества стран Арктического региона и деятельности Арктического совета.

Пленарное заседание второго дня форума вел министр обороны РФ, президент Русского географического общества С.К. Шойгу. Открывая пленарное заседание, он приветствовал всех от имени Русского географического общества, которое было инициатором проведения форума, и отметил, что число его участников увеличивается, а их география расширяется. Президент РГО подчеркнул, что охрана окружающей среды и биоразнообразия, изменение климата сегодня составляют наиболее острые темы региона. Он отметил, что все они исторически находятся в сфере внимания Русского географического общества и передал слово председателю попечительского совета РГО, Президенту РФ В.В. Путину.

Первый вице-президент РГО академик Н.С. Касимов открыл работу четвертой секции “Климат, загрязнение и биоразнообразие”, на которой первый доклад сделал почетный президент РГО, академик В.М. Котляков. Он представил интересный, хорошо иллюстрированный доклад на тему “Сценарии климатических изменений в Арктике и прогнозы экологических последствий”. В докладе на тему “Загрязнение окружающей среды Арктики: текущий уровень, тренды, оценки рисков” исполнительный секретарь Программы арктического мониторинга и оценки Арктического совета Л.-О. Рейерсен (Канада) подробно остановился на деятельности АМАП, представил последние публикации по состоянию окружающей среды Арктики, подготовленные рабочими группами АМАП, а также рассказал о перспективных направлениях деятельности в рамках Программы арктического мониторинга и оценки.

О приоритетах сохранения природы в Арктике рассказал директор глобальной арктической программы Всемирного фонда дикой природы А.С. Шестаков (Канада). В выступлении директора Института криосферы Земли Тюменского НЦ СО РАН В.П. Мельникова рассмотрены перспективы получения высококоротельной экологически чистой продукции из диатомового сырья — аналога пеностекла. Председатель рабочей группы по сохранению арктической флоры и фауны Арктического совета Е.Е. Сыроечковский рассказал о начале проекта по сохранению мигрирующих видов птиц. Помощник министра экономического развития РФ Б.А. Моргунов сделал доклад о состоянии работы над шестью проектами по Арктике в рамках программы Глобального экологического фонда (ГЭФ) “Арктическая повестка-2022”. Заместитель директора Института проблем нефти и газа СО РАН, член-корр. В.А. Богдавленский в своем сообщении остановился на состоянии дел в освоении месторождений углеводородов на шельфе в Арктическом регионе.

В рамках форума был подписан договор между ректором МГУ имени М.В. Ломоносова, академиком В.А. Садовничим и ректором Университета Тромсё А. Хусебекк (Норвегия). Академик В.А. Садовничий подарил А. Хусебекк только что вышедший из печати атлас “Российская Арктика в XXI веке: природные условия и риски освоения”, подготовленный учеными географического факультета МГУ с привлечением других ученых в рамках грантовой политики РГО.

Н.Г. Рыбальский, В.С. Тукунов

НОВЫЕ КНИГИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ГЕОХИМИИ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ

Васильчук Ю.К., Буданцова Н.А., Васильчук А.К., Чинова Ю.Н. Изотопные методы в географии. Ч. 3. Геохимия стабильных изотопов атмосферы и гидросферы: Учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. — 216 с. Тираж 300 экз.

Геохимия стабильных изотопов применительно к проблемам диагноза состояния климата и окружающей среды в целом представляет собой сравнительно новое научное направление. Учебников на эту тему пока нет, поэтому авторскому коллективу пришлось быть пионерами в этом направлении. Однако отсутствие методического опыта привело и к некоторым проблемам, связанным с перегруженностью книги информацией, недостаточной структурированностью изложения материала.

Учебное пособие написано так, что для понимания материала достаточно знания основ химии, термодинамики, а также набора эколого-географических дисциплин в объеме учебной программы 1-го курса географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Авторы ориентировались на простое изложение материала, избегали рассматривать специальные вопросы, сосредоточившись на освещении тех проблем, которые в настоящее время надежно исследованы. Следует подчеркнуть, что по крайней мере часть материала, изложенного в книге, перешла в разряд “надежно исследованного” благодаря оригинальным исследованиям авторов.

Книга состоит из шести глав. Глава 1 служит введением в предмет. В ней кратко даны определения и приведена начальная информация. В главе 2 описана международная сеть и представлены методы измерений содержания изотопов в природных средах, в частности результаты определения линии метеорных вод и дейтериевого эксцесса.

Главы 3 и 4 посвящены пространственно-временной изменчивости изотопного состава осадков и связи изотопного состава осадков с термическим режимом. В этом разделе подробно рассмотрены общие закономерности, приводящие к неоднородному рас-

пределению изотопов во времени и пространстве (широтный, высотный и др. эффекты). Материал проиллюстрирован большим количеством примеров.

Глава 5 посвящена изотопным методам в гидрологии. Это самый объемный раздел книги, в нем детально, на множестве конкретных примеров рассмотрены разные водные объекты, однако, почвенная влага, например, не описана.

В главе 6 изложены изотопные методы, применяемые для палеоклиматических реконструкций. Эта глава приятно радует четкостью изложения — разумным сочетанием теории с хорошо подобранными примерами. Завершает работу список литературы, в котором перечень дополнительной литературы неимоверно завышен.

Подводя общий итог, хочу обратить внимание на суть книги. Авторы нигде не дают ответа на вопрос: *зачем* нужно знать *географию* изотопов кислорода и водорода? Этот вопрос для них, видимо, считается решенным, однако формулировка ответа на него кажется важной. Мое мнение таково, что это нужно, конечно, для решения ряда специальных задач (интерпретации палеоданных и др.). Но более важно то, что стабильные изотопы являются такими же индикаторами состояния природной среды, как привычные температура и осадки, они также отражают состояние климата, но на своем языке, в шкале своих ценностей. Именно в таком ключе видели и видят важность изотопных знаний Н. Шеклтон, В.М. Котляков, Ю.К. Васильчук и др.

Рецензируемый учебник полезен не только студентам соответствующих специальностей, это хороший справочник для любого специалиста в области наук об окружающей среде.

А.В. Кислов