УДК 504.75.05

И.Б.МОВЧАН, *канд. геол.-минерал. наук, доцент, imovch@mail.ru*
А.А.ЯКОВЛЕВА, *канд. физ.-мат. наук, доцент, sherlock@inbox.ru*
С.И.ПРОКОПОВА, *магистр, prokopova@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

I.B.MOVCHAN, *PhD in geol. & min. sc., associate professor, Imovch@mail.ru*
A.A.YAKOVLEVA, *PhD in phys. & math. sc., associate professor, Sherlock@inbox.ru*
S.I.PROKOPOVA, *master, prokopova@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

НОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО СТАЖА В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ: КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ С ОЦЕНКОЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Проект ориентирован на сравнительный анализ материалов эколого-климатической, демографической и медицинской статистики по территории России, в частности, северным регионам. Исследование включает разработку оригинального алгоритма автоматизированного прослеживания изолиний для оцифровки аналоговых карт; использование эколого-демографических и обобщенных медицинских сведений для локализации областей комфортного восприятия климата; районирование оцифрованных карт на основании указанных (эталонных) областей и расчета индекса тяжести.

***Ключевые слова*:** коэффициент тяжести, изолиния, алгоритм вращения, свертка, районирование.

SENIORITY FIXING IN NORTH REGIONS: MAP-RELATED PROJECT WITH ESTIMATION OF CLIMATIC FACTORS

The project is focused on the comparative analysis of ecological-climatic data, population and medical statistics within Russia, in particular, its North region. The investigation includes: development of original algorithm of automatic tracing the isolines for analogous maps digitizing; using ecological-demography and generalized medical information for allocation of areas of comfort perception of climate; digitized map zoning on the base of mentioned (reference) areas and hazard index computing.

***Key words*:** coefficient of gravity, contour, the algorithm speed, convolution, zoning.

Настоящая работа опирается на анализ свода карт по территории России и сопредельных государств в рамках экологического проекта определения превышения отдельно взятого климатического параметра над его эталонным значением. Это превы-

шение рассматривается нами по аналогии с общеизвестным коэффициентом тяжести трудового процесса. Проект включал в себя несколько задач:

• апробацию алгоритма оцифровки картографического материала, представленного в твердой (бумажной) форме;

• отбор эталонных областей для определения среднего (средневзвешенного) значения конкретного климатического параметра;

• подбор оптимальной картографической модели площадного распределения климатического параметра в пределах России и стран СНГ и пересчет этого распределения в отмеченный выше параметр превышения.

Проект в целом ориентирован на составление эколого-математического обеспечения, ориентированного на нормативную обработку некоторых площадных распределений, с одной стороны, и выход коммерческого картографического продукта, с другой.

Оцифровка аналоговых карт: автоматизированное прослеживание изолиний. Под аналоговым картографическим материалом понимаем заданные в бумажной или растровой форме количественные (в изолиниях) отображения площадного распределения некоторого измеренного скалярного поля (здесь климатического параметра), нанесенные на определенную географическую основу. Схема автоматизированного прослеживания и оцифровки отдельной изолинии разработана применительно к аналоговой карте, заданной одним из следующих способов:

• черно-белая карта изолиний с подписями в координатной рамке;

• карта цветных изолиний с подписями, наложенная на координатную сетку;

• карта черно-белых изолиний без подписей с цветным заполнением сечений изолиний, наложенная на координатную сетку;

• одна из перечисленных выше карт, наложенная как на координатную сетку, так и на географическую основу с неопределенной степенью сложности легенды.

В общем случае пользователь должен выделить эталонную точку, маркирующую в привязке к некоторым координатам значение скалярного поля, свойственное определенной изолинии. Сама изолиния может иметь разрывы (дефекты графики, функциональные разрывы для подписи изолиний, области резкого пространственного градиента поля), а также пересечения, например, с линиями координатной сетки. Поэтому таких эталонных точек должно быть несколько.

Для прослеживания изолинии создан алгоритм автоматизированной оцифровки в форме численной реализации процедуры свертки. Во-первых, свертка или оценка в скользящем (сканирующем) «окне» (интервале задания) должна начинаться с одной из эталонных точек, для чего требуется введения логического атрибута «первичный» и «вторичный». Во-вторых, сканирование может быть поступательным или вращательным и в качестве основного параметра должно определять простирание изолинии относительно расположенной на ней «первичной» эталонной точки. В нашем случае эта точка служит центром вращения отрезка конечной длины; отрезок поворачивается от 0 до 360° с шагом 5° и с отбором значений полутонового поля вдоль своей линии для каждого угла поворота. В-третьих, организация вращения отрезка и формирования выборок ориентировано на расчет расстояния D между соседними изолиниями как функции угла поворота. В-четвертых, вращающийся относительно эталонной точки отрезок должен быть зафиксирован перпендикулярно к оцифровываемой и соседним к ней изолиниям, что отвечает минимальному расстоянию D. В-пятых, вращающийся отрезок не должен иметь фиксированную длину, чтобы захватить три изолинии (одну оцифровываемую и две – соседние). В-шестых, после занятия вращающимся отрезком оптимальной позиции, алгоритм «выбирает» на планшете точку в направлении, перпендикулярном линии этого отрезка; перпендикуляр откладывается от «первичной» эталонной точки в сторону «вторичной». Длина перпендикуляра выбирается равной трети среднего расстояния между соседними изолиниями. Наконец, в-седьмых, относительно

новой точки организуется та же процедура вращения, во время которой уточняется позиция прослеживаемой изолинии относительно позиции соседних изолиний.

Элементы преобразования картографических образов в цифровой формат апробированы при оцифровке аналоговой карты гравитационного поля в рамках геологоразведочной тематики Минприроды РФ (рис.1). Характер градиентных зон, форма локальных аномалий, специфика пространственного районирования поля в его аналоговом и цифровом представлениях совпадают. Эффект совпадения зависит от нескольких факторов: адекватности визуальной оценки, степени дискретизации при оцифровке, метода интерполяции при преобразовании нерегулярной сети оцифровки в регулярную, корректности оцифровки точек экстремума и седловых точек и т.д.

Реакция населения на климатические факторы. Известно отсутствие выраженной коррелируемости на региональном уровне между количественными показателями климатических факторов, с одной стороны, и заболеваемостью, а также продолжительностью жизни, с другой. Этому существует объяснение в реакции населения на климат, выражающейся в демографической его структуре: по мере движения с юга на север России наблюдается снижение доли пожилых людей, что определяет формирование медицинской статистики все более молодым и адаптирующимся контингентом.

Другим показателем комфортности климатических условий можно назвать долю населения, проживающего в индивидуальном жилом фонде. Принимая за пороговое значение 30 % и увеличивая эту долю, можно выделить относительно локальную часть территории страны, включающую Черноземье, Предкавказье и Кавказ. Касаясь многопараметрической оценки, состоящей из половозрастной структуры населения, продолжительности жизни мужчин и женщин, уровня инфекционных заболеваний, процента гибели от несчастных случаев и психологических срывов, доли коренного (более трех поколений) населения, территорию Российской Федерации можно разделить на несколько закономерных климато-демографических районов. Из них наиболее проблемный, северный район составлен тремя областями, одним коренным и двумя миграционными. Миграционная область, составленная Ненецким округом, Камчатской, Мурманской и Магаданской областями, характеризуется населением, мигрировавшим в их пределы несколько поколений назад, а также минимальным воздействием инфекционного фактора и максимальной проявленностью сердечно-сосудистых патологий.

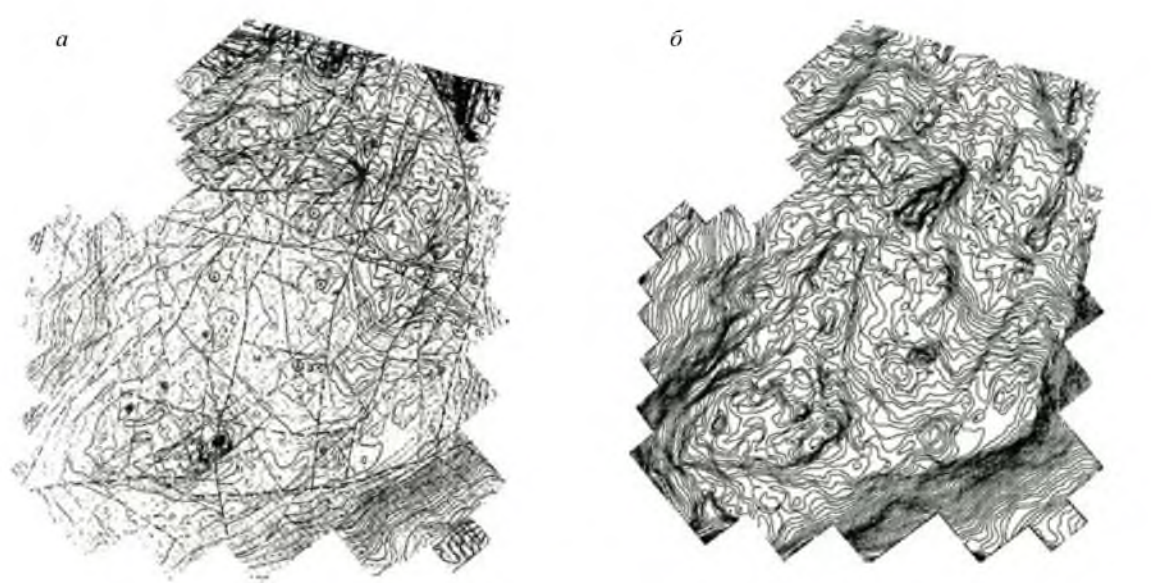


Рис.1. Апробация алгоритма автоматизированной оцифровки карты изолиний: *а* – аналоговая карта изолиний гравитационного поля (в условных единицах); *б* – графический образ цифровой модели карты

Формируя критериальную основу для определения допустимых норм климатических факторов, будем рассматривать одну или несколько областей с оптимальными условиями проживания. Для этого используем данные статистики и проведем анализ всех доступных картографических отображений, начиная от изменения среднего работоспособного возраста по территории бывшего СССР до заболеваемости гриппом. По каждому из признаков нами выделено семейство «эталонных участков», расположение которых закономерно группировано и контролируется европейской областью центрального климато-демографического района РФ. Выделяя по перекрытию этих областей единую, эталонную, область оптимальных условий проживания, можно видеть, что она охватывает относительно широкий спектр климатических условий, простираясь от северного участка побережья Каспийского моря до Вологды.

Оценка коэффициента тяжести переносимости климата. При картографическом отображении климатических факторов за основу принята аддитивная модель, включающая в качестве компонент так называемый адаптационный тренд, а также высокоамплитудные отклонения данного параметра от этого тренда. Под адаптационным трендом понимается некоторая гладкая аналитическая функция, как правило, аппроксимируемая степенными многочленами третьего-пятого порядков, отображающая закономерное изменение в пределах бывшего СССР значений отдельного климатического параметра (как функции широты и долготы). Качественное представление этой тренд-закономерности как адаптационной определяется, прежде всего, отсутствием в ней резких градиентных зон, локальных высокоамплитудных «всплесков» значений параметра. Иными словами, адаптационный тренд отображает монотонную смену климатических условий, позволяющую мигранту по истечении конечного адаптационного периода чувствовать себя комфортно в любой точке указанной выше территории. Резкие пространственные градиенты влажности, температуры и прочих климатических параметров определяют их отклонения от соответствующих адаптационных трендов и, по сути, являются искомым стресс-фактором нормируемых климатических условий. Исключение составляют те отклонения, которые по своим амплитудным значениям можно принять пренебрежимо малыми по сравнению с абсолютными амплитудными значениями соответствующего параметра климатических условий.

Основной объем картографического проекта представлен тремя частями. Первая состоит из трех карт и включает карту абсолютных, усредненных значений отдельного климатического параметра (рис.2, *а*), карту адаптационного тренда (рис.2, *б*), карту отклонений значений климатического параметра от этого тренда (рис.2, *в*). Вторая часть (две карты) включает отбор из первой и третьей карт эталонной выборки согласно наложенным на эти карты контурам областей оптимальных условий проживания. Интервал значений отдельного климатического параметра, попадающих внутрь данных контуров, определяет допустимый уровень круглосуточного воздействия конкретного параметра на человека. Третья часть отображает результаты районирования территории РФ и стран СНГ по превышению допустимого уровня (рис.2, *г*).

Расчет превышений выполнен по аналогии с индексом опасности в медицине. Итоговый параметр призван определять, во сколько раз сокращается рабочий стаж мигранта в данной географической области без ущерба для здоровья. Соответственно смыслу этого параметра, распределение его значений по территории стран СНГ названо распределением значений коэффициента напряженности. Его величина варьирует, согласно расчетам, от 0 до 2,5. При этом область, занятую значениями коэффициента напряженности от 0 до 1, можно считать областью, обладающей оптимальными условиями проживания по конкретному климатическому параметру. Например, для окрестностей г. Новый Уренгой коэффициент тяжести составляет в среднем 1,5 и в его расчете участвуют два ключевых параметра: степень ионизации воздуха и атмосферное

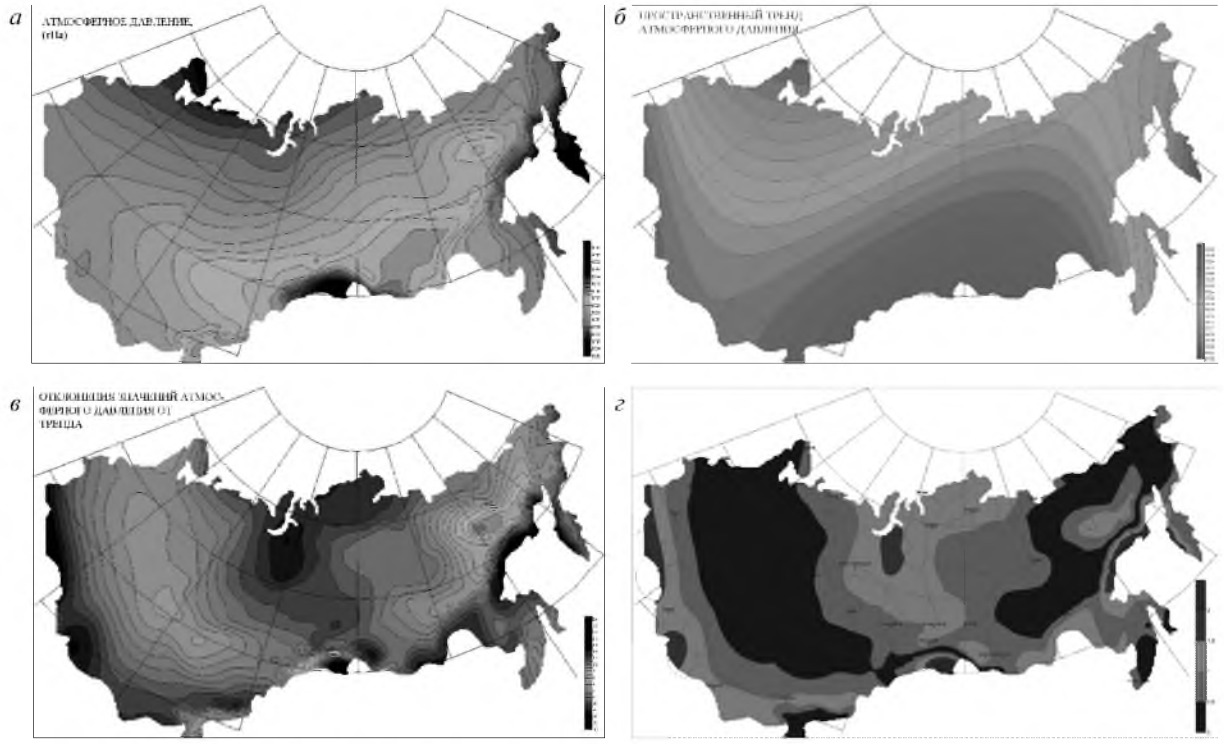


Рис.2. Образец оцифрованной карты климатического параметра и ее первичной обработки

давление. Ежедневное воздействие этих факторов определяемое, «коэффициентом тяжести», равным 1,5, означает что при рабочем стаже 40 лет имеет место сокращение допустимого рабочего стажа до 27 лет, что отвечает имеющейся медицинской статистике.

Выводы

В экологической отрасли, насыщенной развитой нормативной документацией относительно технологий производств, методов мониторинга, организации защитных зон, налогообложения и т.д. и оперирующей картографической информацией, отсутствуют жесткие нормативные требования к картографическому материалу. Этот нюанс при всей условности формальных оценок в экологии (от фонового уровня загрязнений и их усреднения в пределах административных границ до картографического отображения нестационарных полей) определяет актуальность картографических обобщений. Попытка увязать некоторые параметры надсистемы, климатические, производственные, социальные, с медицинскими показателями попадает в русло такого перспективного направления в развитии терапевтической медицины как создание единых баз данных и их увязка с природно-техническими аномалиями. Выявление последних зачастую опирается на архивные материалы, в том числе инструментального мониторинга, невостребованный объем которых превышает 50 %, что делает очевидной актуальность технологий перевода этих, преимущественно аналоговых материалов в цифровую (не растровую) форму, допускающую разного рода пересчеты.

Работа выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием Горного университета при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.