

ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЮГО-ЗАПАДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАНЕРНОГО КОСМИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Особенность современного составления мелкомасштабных геоморфологических карт состоит в возможности использования для этой цели разнообразных материалов орбитального дистанционного зондирования Земли. Это могут быть кадровые космические фотоснимки, полученные методом прямого оптического проектирования на фотопленку, или сканерные космические изображения, где регистрация дистанционных данных о земной поверхности осуществляется в цифровом виде на магнитных носителях. Материалы космических съемок отображают реалистический рисунок крупных черт рельефа земной поверхности, дают возможность выделять морфоструктуры разного ранга. Благодаря им существенно уточнены или вновь отдешифрованы ранее неизвестные линейные элементы или зоны разломов, служащие границами морфоструктур и их элементов [1, 2]. Кроме того, при создании геоморфологических карт обзорных масштабов материалы космических съемок в значительной степени облегчают традиционно трудный и многоступенчатый процесс генерализации.

Методика использования материалов космических съемок для геоморфологического картографирования разных масштабов в настоящее время достаточно проработана и освещена в соответствующих научных и научно-методических публикациях. За последние годы опубликован ряд работ, посвященных вопросам дешифрирования элементов рельефа разного генезиса и разработке их дешифровочных признаков. Большой объем литературы посвящен методике дешифрирования линейных элементов как наиболее физиономичному компоненту ландшафта. Функции космических фотоснимков или сканерных изображений при создании карт рельефа обзорного масштаба многоплановы: оценка достоверности основных картографических источников, увязка и редактирование авторских макетов, составление авторского макета для малоизученных или недостаточно обеспеченных картографическими материалами регионов, согласование разных по тематике карт, входящих в серии карт мира и СССР.

Материалы космических съемок по своим свойствам очень близки к картам. Для тех и для других, несмотря на все же имеющиеся различия, применяются сходные приемы их анализа, те и другие успешно используются для изучения геосистем и их взаимодействия. Но точно так же, как трудно вести анализ каких-либо территориальных объектов по двум различным картам (различия в масштабе, проекции, назначении и т. д.), сложен совместный анализ карт с материалами дистанционного зондирования. Поэтому необходимым условием использования космической информации для изучения различных природных объектов является их географическая привязка к территории [3].

Для этих целей наиболее эффективен автоматизированный путь, основанный на жестких аналитико-фотограмметрических подходах и на использовании ЭВМ, включая современные автоматизированные картографические системы. Интерпретация космических фотоснимков или изображений сопряжена с дополнительными трудностями. Здесь идентификация территориальных объектов осложнена разностью орбит космических летательных аппаратов, «ощутимой» сферичностью снимаемого объекта — земной поверхности, отклонением луча визирования от отвесной линии и др.

Сканерные космические изображения, как известно, имеют существенные геометрические искажения, обусловленные особенностями самой орбитальной съемки [4]. В силу этого их интерпретация и обработка традиционными визуальными методами мало эффективна. Кроме того, разрешение сканерных изображений все еще меньше разрешения кадровых фотоснимков. В связи с этим на сканерных космических изображениях среднего разрешения равнинных и залесенных территорий различается значительно меньше территориальных объектов, по которым можно проводить визуальную привязку результатов дешифрирования к местности, отраженной на карте. В практике составления геоморфологических карт с использованием материалов космических съемок, как правило, осуществляется визуальный перенос отдешифрированных природных объектов на соответствующую картографическую основу. Точность такого переноса невелика. В процессе визуального переноса возникает и «субъективная» погрешность, вызванная тем, что оператор при малом количестве идентифицированных опорных территориальных объектов подсознательно будет «отрисовывать» на карте объекты, максимально приближая их к очертаниям на сканерных космических изображениях. Это особенно сильно будет проявляться для мелкомасштабных изображений, имеющих значительные искажения в передаче пространственных ориентировок и пропорций на местности. Кроме того, при визуальном переносе не учитываются особенности проекции, в которой выполнена картографическая основа составляемой тематической карты [5, 6].

Очевидно, что при использовании сканерных космических изображений в целях географической привязки отдешифрированных территориальных объектов необходимо применение аналитико-фотограмметрических методов трансформации изображения в проекцию соответствующей карты с одновременной автоматизированной привязкой контуров. Для решения задачи автоматизированной трансформации сканерных космических изображений в определенную картографическую проекцию на основе выбранных критериев качества необходимо моделирование координатных определений по сканерному изображению и опорной картографической основе с целью построения подходящей математической модели для аналитического перехода от изображения к карте. Это сводится к построению такой аппроксимирующей поверхности, при которой разность координат опорных контурных точек объектов на карте и сканерном изображении будет соизмерима с графической точностью карты [7].

Как известно, любая поверхность может быть выражена в терминах другой поверхности при помощи следующих равенств: $U = F(x, y)$; $V = G(x, y)$, где x, y — функции географических координат, а U, V — координаты, отнесенные к опорным территориальным объектам и считанные со сканерного изображения в произвольной системе координат. При тематической интерпретации сканерных космических изображений среднего разрешения удобно пользоваться картой м-ба 1:2 500 000, составленной в нормальной равнопромежуточной проекции В. В. Каврайского [3]. В общем случае задача сводится к определению параметров моделей различных преобразований. При избыточном количестве опорных точек, идентифицированных на сканерном космическом изображении и карте, эти параметры определяют по методу наименьших квадратов, сводя к минимуму остаточные искажения сканерного изображения. Так как аналитическая трансформация сканерных изображений осуществляется путем аппроксимации соответствующими математическими моделями, то на практике всегда будут иметь место остаточные искажения. Важно то, что их значения не должны выходить за пределы точности составляемой карты. В качестве аппроксимирующих могут быть использованы различные функции, обладающие теми или иными свойствами [8].

При создании фрагмента геоморфологической карты участка юго-западной части европейской территории СССР путем автоматизированного переноса результатов дешифрирования с изображения на картографическую основу нами было использовано сканерное космическое изображение среднего разрешения

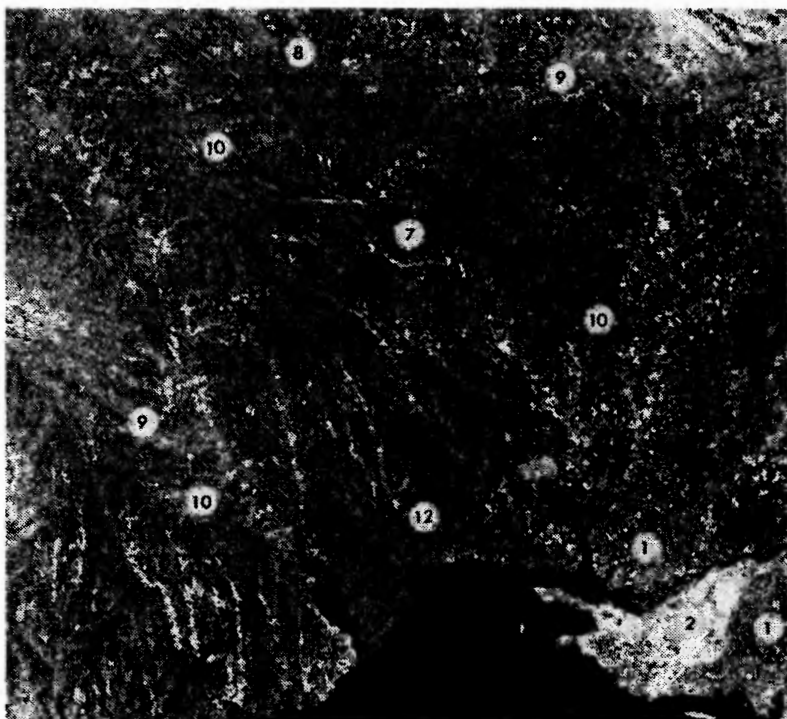


Рис. 1. Фрагмент сканерного космического изображения среднего разрешения (м-б около 1:2 400 000), полученного с ИСЗ «Метеор-31» 14.03.1983 в спектральном диапазоне 0,7—1,0 мкм.

Цифры соответствуют условным обозначениям рис. 2

(м-б около 1:2 400 000), полученное с ИСЗ «Метеор-31» 14.03.1983 г. в спектральном диапазоне 0,7—1,0 мкм. На основе изучения этого сканерного изображения нами дешифрированы, а местами уточнены зоны глубинных разломов разного порядка и простираний, которые служат границами морфоструктур и их элементов. По рисунку фотоизображения и фототону выделены границы основных морфоструктур, особенности которых подчеркиваются густотой расчленения, растительностью, увлажнением, характером распашки и т. д. (рис. 1). Например, Приморская наклонная равнина изображается на снимке полосой однородного серого фототона, слабо расчленена и прорезана лиманами, глубоко вдающимися в сушу. Первичная абразионно-аккумулятивная равнина после регрессии моря хорошо сохранилась в виде обширных плоских поверхностей на междуречьях Прута — Днестра — Южного Буга — Днепра. На фоне морской равнины четко дешифрируется дельта Днепра по характерной треугольной форме и светлому фототону.

Украинская возвышенность, протягивающаяся от р. Днепр на востоке до Карпат на западе, дешифрируется по расчленению склонов, практически сплошной распашке, по фототону. По сравнительному анализу сканерного изображения и соответствующих тематических карт (гипсометрической, геологической, геоморфологической и др.) нами выделены денудационные равнины с различной структурой. Аккумулятивные равнины Южного Полесья выделяются светлыми фототонами и рисунком полей. Это плоские водно-ледниковые равнины на близко залегающем коренном основании с различной степенью освоения. Четко прослеживаются аккумулятивные аллювиальные и аллювиально-озерные равнины, а также долины рек с нерасчлененным комплексом террас. Для установления генетического типа аккумулятивных равнин помогают соответствующие картографические и литературные источники [9].

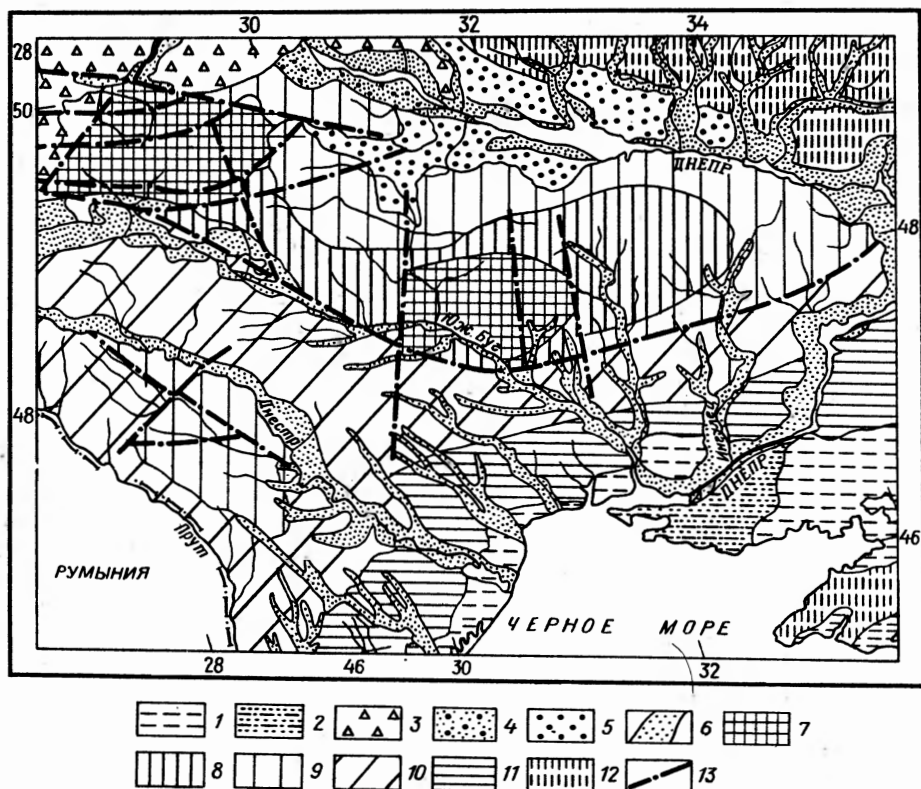


Рис. 2. Фрагмент геоморфологической карты участка юго-западной части европейской территории СССР (штриховая копия цветного варианта, полученного автоматизированным путем на АКС-МГУ).

Аккумулятивные равнины: 1 — морские и аллювиально-морские; 2 — дельтовые; 3 — водно-ледниковые и аллювиально-водно-ледниковые; 4 — аллювиально-озерные; 5 — аллювиальные; 6 — долины рек с нерасчлененным комплексом террас. **Денудационные равнины:** 7 — возвышенные с выходами кристаллического фундамента на поверхность; 8 — возвышенные на пологоскладчатых пластах; 9 — низкие на пологоскладчатых пластах; 10 — на пологонаклонных пластах; 11 — на горизонтально залегающих пластах; 12 — приморские наклонные. **Прочие обозначения:** 13 — линеаменты, совпадающие с зонами разломов

В заключение дадим краткую характеристику сущности отдельных этапов автоматизированного создания геоморфологических карт с использованием материалов орбитального дистанционного зондирования Земли. Говоря об автоматизированном создании карт необходимо различать три его основных этапа — цифрование источников, числовую обработку информации и автоматизированное графическое воспроизведение цифровой информации в виде карты [10]. Работа по трансформированию сканерного космического изображения в проекцию и масштаб карты требует координирования и ввода в ЭВМ определенного количества идентифицированных на изображении и картографической основе опорных территориальных объектов, участвующих в математическом моделировании. Важную роль играет процесс перевода в дискретную цифровую форму отдешифрованных на сканерном изображении сложных геоморфологических контуров.

Автоматизация создания геоморфологических карт по результатам тематической интерпретации сканерных космических изображений требует сложной логико-математической обработки информации. В задачу такой обработки дистанционных данных входит: 1) вычисление плоских ортогональных координат

х, у' идентифицированных опорных точек карты и их масштабирование; 2) составление матрицы уравнений погрешностей на базе выбранной модели; 3) решение системы уравнений погрешностей, определение параметров модели, оценка их точности; 4) определение остаточных искажений космического сканерного изображения по сравнению с картой заданного масштаба и проекции; 5) контроль географической привязки (ввод координат дополнительных опорных контурных точек, не участвующих в определении параметров модели, перевычисление их в системе плоских координат карты и масштабирование); 6) определение географических координат для всех опорных контурных точек, включая контрольные [3].

Для реализации предлагаемых расчетов и автоматического построения итогового изображения использовалась автоматизированная картографическая система АКС-МГУ, установленная в лаборатории автоматизации кафедры картографии географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. В состав системы входит ЭВМ, оснащенная диалоговым языком высокого уровня — АПЛ, сеточный цифрователь и графический дисплей. В результате экспериментальных работ автоматизированным путем был составлен фрагмент геоморфологической карты на участок юго-западной части европейской территории СССР. На рис. 2 представлена штриховая копия цветного варианта графической выдачи.

Проведенные исследования и выполненные работы показывают достаточную эффективность использования аналитических принципов автоматизированного составления карт по результатам дешифрирования сканерных космических изображений и их широкие возможности по созданию сложных тематических карт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башенина Н. В., Тальская Н. Н. Анализ космических снимков для составления геоморфологической карты мира // Исслед. Земли из космоса. 1981. № 6. С. 5—12.
2. Гусарова С. О., Тальская Н. Н. О согласовании серии карт, посвященных рельефу, с использованием космических снимков // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1981. № 3. С. 76—81.
3. Новаковский Б. А., Свентэк Ю. В. Аналитическая географическая привязка природных объектов по сканерным аэрокосмическим изображениям // Исслед. Земли из космоса. 1980. № 4. С. 92—96.
4. Берлянт А. М., Новаковский Б. А. Картометрические аспекты использования сканерных космических изображений Земли // Исслед. Земли из космоса. 1982. № 6. С. 35—41.
5. Макаров В. И. Линеаменты (проблемы и направления исследований с помощью аэрокосмических средств и методов) // Исслед. Земли из космоса. 1981. № 4. С. 109—116.
6. Novakovskiy B. A., Svntek Yu. V., Chernyshev A. V. Automated mapping from scanner interpretation // Mapping sciences and remote sensing. October—December. 1986. V. 23. P. 289—294.
7. Новаковский Б. А., Петров П. В., Чумаченко А. Н. Аналитические принципы автоматизированного составления карт по результатам дешифрирования сканерных космических изображений // Тематическое системное картографирование с использованием автоматики и дистанционных методов. М.: МФГО СССР, 1986. С. 41—53.
8. Новаковский Б. А., Петров П. В. Картографо-фотограмметрический анализ и аналитическое исправление сканерных космических изображений // Геодезия и картография. 1985. № 6. С. 39—41.
9. Геоморфологическая карта Украинской ССР и Молдавской ССР м-ба 1:1 000 000/Гл. ред. И. Л. Соколовский. Киев 1979.
10. Салищев К. А. Иден и теоретические проблемы в картографии 80-х годов // Итоги науки и техники. Картография. Т. 10. М.: ВИНТИ, 1982. 156 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
27.IV.1987

ON THE GEOMORPHOLOGICAL MAP CONSTRUCTION
FOR THE SW EUROPEAN PART OF THE USSR
USING SCANNER SPACE IMAGES AND AUTOMATED
MAPPING SYSTEM

Novakovsky B. A., Talskaya N. N., Chumachenko A. N.

Summary

Automated geomorphological mapping is based on an automatic transfer of scanner space photos data to a corresponding base map along with the absolute geographic fixation of the results. The cartographic image for a geomorphological map of the SW European part of the USSR has been obtained using the automated cartographic system ACS — MGU.

УДК 551.435.04 (571.63)

САХАРИЮК Н. П., КАРАСЕВ М. С.

**СВЯЗЬ РУСЛОФОРМИРУЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕК
ПРИМОРСКОГО КРАЯ С ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИМИ
УСЛОВИЯМИ**

Руслоформирующая деятельность рек Приморского края, относящегося к зоне муссонного климата, определяется ярко выраженным паводочным режимом стока. В качестве показателя руслоформирующей деятельности рек использован руслоформирующий расход (Q_Φ), под которым понимается расход, который в течение некоторого отрезка времени оказывает наиболее существенное воздействие на русло по сравнению с другими, наблюдающимися за это время расходами [1, 2]. Руслоформирующие расходы рек Приморского края рассчитывались по методике Н. И. Маккавеева, согласно которой они определяются по максимумам кривой $Q = f(Q^m P I \sigma)$, где Q — среднее значение интервала расхода воды за многолетний период; m — показатель степени, зависящий от крупности русловых отложений; P — вероятность данного интервала расхода; I — уклон водной поверхности; σ — коэффициент, зависящий от ширины разлива реки.

Кривая $Q = f(Q^m P I \sigma)$ отражает сложный процесс взаимодействия обломочного материала (аллювия), слагающего русло, и потока, обладающего определенной транспортирующей способностью. Следствие этого — наличие в эпюре одного или нескольких максимумов, соответствующих Q_Φ и отвечающих руслоформирующей работе потока при определенной крупности наносов.

Рассмотрим основные черты рельефа Приморья, определяющие структуру и объем рыхлого материала, поступающего со склонов в речные долины. В рельефе Приморья выделяется несколько четко выраженных разновысотных ярусов [3]. Для среднегорного рельефа (абс. высоты > 1000 м), который развит преимущественно в Центральном Сихотэ-Алине, значительная крутизна склонов ($20\text{—}40$ до 60°), слабое развитие растительности и более суровый климат по сравнению с нижними ярусами рельефа обуславливают в основном открытое перемещение крупнообломочного материала на склонах (обвалы, осыпи, криотоллюфлюкция, курумы).

Низкогорный ярус рельефа (абс. высоты $500\text{—}1000$ м) занимает обширные пространства на западном склоне Сихотэ-Алиня. В зоне распространения среднегорья этот уровень в основном представляет ярус одновысотных отрогов вдоль бортов речных долин. В пределах Восточно-Маньчжурского нагорья низкогорный ярус совпадает с вершинной водораздельной поверхностью. В низкогорье задернованность склонов обуславливает преимущественно медленное скрытое