

А. В. ГАВЕМАН и В. А. ФААС

**К РАЗВИТИЮ УЧЕНИЯ ОБ АЭРОЛАНДШАФТЕ**

*(Представлено академиком А. А. Григорьевым 17 XII 1939)*

1. Понятие об аэроландшафте. Картина земной поверхности, наблюдаемой с самолета или какого-либо другого летательного аппарата, в научной и технической литературе часто называется аэроландшафтом. Не оспаривая этого общего смысла термина «аэроландшафт», можно считать, что в пределах географической науки понятие об аэроландшафте должно быть изменено и уточнено. Здесь аэроландшафтом должен являться уже комплекс объектов земной поверхности, характерный для соответствующей физико-географической зоны при ее изучении летными средствами.

Нет необходимости противопоставлять понятия о ландшафте и аэроландшафте, но вместе с тем нельзя ставить между ними знак равенства. Дело в том, что с переходом к летным средствам наблюдений одновременно с изменением чисто геометрического положения наблюдателя (что, конечно, не имеет принципиального значения) изменяется и содержание возможных наблюдений.

Летные наблюдения земной поверхности могут быть визуальными или фотографическими. Последние имеют много преимуществ (детальность, точность, быстрота и синхронность), так что при обсуждении вопросов, связанных с развитием учения об аэроландшафте, имеет смысл принимать во внимание, главным образом, материалы аэрофотосъемки. Впрочем этими замечаниями отнюдь не умаляется ценность визуальных летных наблюдений. Блестящие примеры первичного географического обследования путем выполнения визуальных летных наблюдений находим у Р. Бэрда (Антарктика), С. Обручева (Сибирь) и др. Доступны визуальные наблюдения и в области деталей ландшафта; примером могут служить заметки М. Кленовой, сделанные в полете над береговой линией Северного Каспия.

Помимо отмеченных выше преимуществ аэрофотографических наблюдений над визуальными следует указать еще воспроизведение рельефа, достигаемое при стереоскопическом рассматривании пар снимков. Одним из немногих преимуществ визуальных наблюдений является чтение цвета, но и это преимущество может отпасть в связи с развитием цветной аэрофотографии.

При оценке значения материалов аэрофотосъемки необходимо исходить из того, что эти материалы являются моделью дневной поверхности земли и расположенных на ней объектов. Аэрофо-

тосъемочная модель в некоторой мере условно повторяет формы, яркости и структуру (т. е. малые элементы формы) соответствующих объектов. Условность воспроизведения определяется прежде всего тремя масштабами съемки.

Геометрический масштаб  $1:M$  выражается уравнением:

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L}, \quad (1)$$

где  $l$ —длина изображения,  $L$ —длина объекта в натуре. Это простое уравнение относится только к плановым снимкам и в случае перспективной съемки должно быть заменено более сложным.

Что касается фотометрического масштаба  $1:F$ , т. е. масштаба яркостей, то в простейшем случае он определяется пропорцией:

$$\frac{1}{F} = \frac{b_M : b_m}{B_M : B_m}. \quad (2)$$

Здесь  $B_M$ —яркость наиболее светлого, а  $B_m$ —яркость наименее светлого из рассматриваемых объектов;  $b_M$  и  $b_m$ —соответствующие яркости позитивного изображения.

Как правило, фотометрический масштаб светлых и темных участков снимка неодинаков.

Способность снимка воспроизводить мелкие детали или структуру объектов выражается деталиметрическим масштабом  $1:D$ :

$$\frac{1}{D} = \frac{\alpha}{A \cdot M}. \quad (3)$$

В этом уравнении  $A$ —поперечник наименьшего объекта, форма которого определяется по аэроснимку;  $\alpha$ —поперечник наименьшего объекта той же формы, различаемой на черно-белом чертеже невооруженным глазом;  $M$ —знаменатель геометрического масштаба.

Практика показывает, что знаменатель  $F$  фотометрического масштаба современных аэроснимков обычно меньше 1; что же касается знаменателя  $D$  деталиметрического масштаба, то он, к сожалению, много больше единицы.

Геометрические элементы аэрофотосъемочной модели земной поверхности уже довольно давно (у нас в Союзе с 1924 г.) используются для геодезических целей. Методика этого использования, составляющая предмет аэрогеодезии, разработана достаточно обстоятельно и постоянно совершенствуется. Но методика использования аэрофотосъемочной модели для других целей—практических и научных—разработана очень мало, и ей уделялось явно недостаточное внимание. Именно последнее обстоятельство, а не какие-либо принципиальные ограничения обусловили односторонность, выразившуюся в непропорциональном росте аэрогеодезии.

Возвращаясь к особенностям аэрофотографических наблюдений, уместно отметить, что они по самой своей природе таковы, что оперируют с конкретными объектами или свойствами объектов, в отличие от наблюдений, выполняемых с помощью карты. Любая карта, любое описание фиксируют результаты обследования в более или менее обезличенной форме; если наблюдатель не подметил какой-либо особенности взаимоотношения объектов, то на карте, в соответствующих описаниях и даже в журналах количественных наблюдений эта особенность не найдет себе отражения. Аэроснимок, как стенограмма, чужд всякой схематизации действительности. С другой стороны, аэроснимок представляет собой, как это уже неоднократно отмечалось работниками различных специальностей, исключительно ценный материал для обобщений (индуктивных заключе-

ний). Мы полагаем, что эта особенность объясняется как конкретностью аэросъемочного материала, так и тем, что этот последний позволяет наблюдателю свободно оперировать либо с отдельными объектами, либо с целыми группами смежных объектов, а также совокупностями, составляющими категории высших порядков. Можно утверждать, что аэроснимок с точки зрения исследования земной поверхности является картой переменного масштаба (практически впрочем ограниченного значением деталиметрического масштаба).

2. Принципы дешифрирования аэроснимков. Для того чтобы использовать аэроснимок, необходимо перейти от свойств аэросъемочной модели к свойствам объектов, отображенных этой моделью, а также отнести обнаруженные моделью объекты к соответствующим категориям. Этот процесс перехода от аэросъемочной модели к натуре называется дешифрированием аэроснимков.

Заключения о закономерностях ландшафта, учет производительных сил и тому подобные работы, которые могут быть выполнены на основе материалов дешифрирования, мы уже не относим к функциям последнего. Дешифрирование — не цель, а только техническое средство.

Даже тогда, когда дешифрирование ведется интуитивно, оно основывается на зависимостях между дешифрируемыми элементами и соответствующими свойствами аэроснимка. Эти зависимости мы называем дешифровочными корреляциями. Для свойств аэроснимка, используемых при построении дешифровочных корреляций, уместно название индикаторов.

К числу индикаторов можно относить геометрические элементы изображений объектов, длину тени, оптическую плотность, стереоскопический параллакс, комбинации перечисленных элементов и взаимного расположения объектов и т. п.

Дешифровочные корреляции могут быть качественные, функциональные и сложные (комплексные). Качественные корреляции устанавливают принадлежность дешифрируемого элемента к соответствующей категории по наличию одного или нескольких индикаторов. Например, если дешифрируемым элементом является оценка скорости течения реки (медленное течение, быстрое течение), то индикатором можно избрать буруны около камней, вех и подобных препятствий. Функциональные дешифровочные корреляции дают количественную зависимость между соответствующим индикатором и дешифрируемым элементом. Качественная корреляция, указанная в предыдущем примере, в случае ее изменения может стать функциональной: скорость течения реки (в м/сек; разумеется, очень приближенно) может определяться по длине бурунов, приведенной к натуре по известному геометрическому масштабу аэроснимка. Что касается сложных или комплексных дешифровочных корреляций, то они отличаются либо тем, что связывают дешифрируемый элемент с несколькими индикаторами одновременно, либо тем, что используют результат дешифрирования в качестве нового индикатора.

Процесс дешифрирования дает результаты с некоторыми вероятными ошибками. Практически последние в отдельных случаях могут быть довольно велики, потому что при дешифрировании приходится иметь дело с мелко-масштабными изображениями. Так, например, если длину тени предмета, занимающую на аэроснимке 0,5 мм, мы можем измерить с вероятной ошибкой  $\pm 0,05$ , то относительная погрешность в определении высоты предмета по его тени оказывается  $\pm 10\%$ .

Проследим источники происхождения ошибок дешифрирования в случае применения функциональной дешифровочной корреляции. Пусть последняя в наиболее общей форме имеет вид:

$$L = f(a, b, c, \dots, x). \quad (4)$$

Здесь  $a, b, c, \dots$  — параметры дешифровочной корреляции,  $x$  — индикатор и  $L$  — дешифрируемый элемент. Из этого уравнения

$$\varepsilon_L^2 = \left(\frac{\partial L}{\partial a}\right)^2 \varepsilon_a^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial b}\right)^2 \varepsilon_b^2 + \left(\frac{\partial L}{\partial c}\right)^2 \varepsilon_c^2 + \dots + \left(\frac{\partial L}{\partial x}\right)^2 \varepsilon_x^2, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_L$  — вероятная ошибка дешифрируемого элемента,  $\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_c$  — вероятные ошибки параметров и, наконец,  $\varepsilon_x$  — вероятная ошибка измерения индикатора по аэроснимку.

Параметрами дешифровочной корреляции мы называем величины, входящие в состав корреляции и определяемые какими-либо способами, не имеющими прямого отношения к измерениям на аэроснимке или не определяющимися одними этими измерениями. Так, например, в дешифровочной корреляции

$$H = Ml \operatorname{ctg} Z, \quad (6)$$

где  $H$  — высота предмета (дешифрируемый элемент),  $M$  — знаменатель геометрического масштаба аэроснимка,  $l$  — длина тени предмета на аэроснимке и  $Z$  — зенитное расстояние Солнца в момент съемки; индикатором является длина тени на аэроснимке, а параметрами зенитное расстояние Солнца и знаменатель геометрического масштаба.

В случае применения качественной дешифровочной корреляции при обсуждении вопроса об ошибках уместно говорить о вероятности правильного отнесения объекта к той или иной категории, выражая вероятность в долях единицы (единица — достоверное отнесение).

Как в случае качественных корреляций, так и в особенности в случае комплексных корреляций вероятные ошибки лучше всего обследовать статистическим методом; конечно, это возможно лишь при наличии достаточно обширных материалов.

Не подлежит сомнению, что в настоящее время возможности дешифрирования ограничены довольно узкими рамками, так как нам приходится оперировать с бесцветными аэроснимками низкой разрешающей способности ( $D$  порядка 3). В связи с этим следует отметить, что имеются предпосылки для получения аэроснимков, пригодных для оценки цвета (точнее: спектральной отражательной способности) объектов съемки и степени их поляризации; может быть повышена и разрешающая способность аэроснимков, с чем связана возможность дешифрирования небольших объектов.

Однако даже при современном качестве аэроснимков дешифрирование могло бы давать много больше, чем оно дает сейчас, если бы развитию его методики уделялось достаточное внимание.

Институт географии  
Академии Наук СССР

Поступило  
17 XII 1939