

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 528.77 : 551.3«312»

А. Л. РЕВЗОН

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОВРЕМЕННОЙ АКТИВНОСТИ КАРСТОВЫХ
И ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ**

Дешифрирование экзогенных процессов может явиться основным источником получения информации, используемой при составлении специальных геоморфологических карт для целей проектирования инженерных сооружений и выделения сельскохозяйственных угодий. Рассматриваются принципы и методические особенности специального геоморфологического картирования экзогенных объектов по материалам аэрофотосъемки.

Среди большой группы экзогенных процессов значительную роль играют процессы, развивающиеся в сфере хозяйственной деятельности человека: карст, оползни, обвалы и осыпи, сели и др. Вследствие периодичности возникновения, высокой степени динамичности и внезапности проявления они причиняют большой ущерб народному хозяйству, часто вызывая катастрофические последствия.

Для разработки инженерно-геологических прогнозов развития этих процессов и эффективных мероприятий по защите от их неблагоприятного воздействия необходимо знать современное состояние и условия развития процессов на исследуемой территории, вызывающие их факторы, интенсивность процессов, характер эволюции их в пространстве и времени.

Начиная с 1960-х годов в нашей стране развивается ландшафтно-индикационное направление в дешифрировании аэрофотоснимков (работы С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Б. В. Виноградова, В. П. Мирошниченко, С. П. Альтера, И. С. Комарова, А. Г. Чикишева, А. В. Садова, И. С. Гудилина и др.). Крупные научно-теоретические разработки подготовили почву для развития практики применения аэрофотометодов при изучении различных экзогенных процессов. За последние 10 лет отмечается широкое использование аэрофотометодов при изучении карста, гравитационных и эрозионных процессов, селей, переработки берегов водохранилищ, криогенных процессов.

Одним из существенных недостатков при работе с аэроснимками вообще, и при изучении с их помощью экзогенных форм в частности, является субъективность в оценке дешифровочной информации. Последнее объясняется тем, что большинство исследователей подходило к изучению экзогенных процессов с чисто качественных позиций. Другой существенный недостаток — своего рода односторонность подхода к изучению экзогенных процессов. В большинстве работ рассматриваются вопросы, связанные лишь с проблемами самого процесса деши-

фрирования, результатом чего являются различного рода классификации. Работы, освещающие вопросы картирования экзогенных форм, районирования территорий по интенсивности процесса и вопросы прогноза, единичны.

Как нам представляется, при изучении экзогенных форм рельефа с помощью аэрометодов необходим комплексный подход. В задачу исследований должно входить не только распознавание экзогенных форм на аэроснимках, но и их картирование, качественная и количественная оценка интенсивности проявления, прогноз развития.

Принципы распознавания объектов по материалам аэрофотосъемки. Дешифрирование аэрофотоснимков можно рассматривать как процесс распознавания объектов, опирающийся на использование дешифровочных признаков, с последующей их индикационной интерпретацией. При этом задача распознавания сводится к принятию решений на основе ранее составленной диагностической модели объекта распознавания. Такие модели строятся на основе элементаризации и формализации дешифровочных признаков, их ранжирования и составления эвристических программ распознавания, что делает результаты дешифрирования более объективными. В модели задаются: а) алфавит распознаваемых объектов; б) список признаков, которыми обладает каждый объект; в) множество градаций каждого признака. Определенное сочетание градаций нескольких признаков определяет алфавит распознавания (Барабаш и др., 1967). В настоящем виде эти модели не являются математическими, а представляют собой логические формализованные модели объектов распознавания и могут быть использованы в дальнейшем для разработки математических программ с последующим вводом их в ЭЦВМ. Это явится важным шагом на пути к автоматизации дешифрирования. В целях упрощения процесс распознавания по аэрофотоснимкам экзогенных форм рельефа подразделяется нами на четыре уровня (таблица). Каждый уровень характеризуется своим алфавитом, признаками распознавания и множеством градаций этих признаков. В основе их лежат дешифровочные признаки, подразделяемые на ситуационные (или плановые), получаемые при визуальном дешифрировании одиночных снимков, и стереоскопические, получаемые при дешифрировании стереопар. Для повышения достоверности распознавания на каждом последующем уровне производится контроль результатов распознавания предыдущего уровня. При переходе от низшего уровня к более высокому возрастают объем и детализация информации об экзогенных объектах. Признаки распознавания могут переходить из одного уровня в другой в зависимости от их индикационного значения. Набор градаций также не является постоянным и зависит от ландшафтных особенностей района исследований. Структура же процесса распознавания постоянна.

Следует отметить, что достоверность распознавания во многом зависит от технических условий аэрофотосъемки (масштаб, тип пленки, фокусное расстояние АФА и т. п.), которые определяют возможности выявления признаков распознавания (Садов и др., 1972; Садов, Ревзон, 1972; Жильцов и др., 1973). Так, например, на первом уровне для установления наличия групп экзогенных объектов оптимальными являются панхроматические аэрофотоснимки масштаба 1 : 25 000 — 1 : 50 000, на втором уровне для определения субстанционных условий развития процессов оптимальный масштаб аэрофотоснимков — 1 : 15 000 — 1 : 25 000. При распознавании типов процессов на третьем уровне оптимальный масштаб аэрофотоснимков должен быть укрупнен до 1 : 10 000 — 1 : 15 000. Наконец, на четвертом уровне распознавания для определения характера развития процессов (выявление степени активности процессов и повторяемости их во времени) и относительного возраста объектов оптимальный масштаб аэрофотоснимков — 1 : 5000 —

1:10 000, причем лучшие результаты распознавания на этом уровне обеспечивают спектрозональные аэрофотоснимки. Примером формализованной модели признаков распознавания экзогенных объектов может служить диагностическая таблица, приведенная нами в более ранней работе (Садов, Ревзон, 1972).

Методика специального геоморфологического картирования экзогенных объектов и количественной оценки интенсивности и активности их развития. Содержание специальных геоморфологических карт включает три основные части: общую геоморфологическую основу, аналитические геоморфологические данные и сетку специального геоморфологического районирования (Звонкова, 1970). Под общей геоморфологической основой подразумеваются морфогенетические типы рельефа, формы рельефа и их элементы (склоны различной формы, крутизны, экспозиции, водораздельные поверхности, террасы, поймы). В результате дешифрирования аэрофотоснимков может быть получен весь материал, необходимый для составления специальных геоморфологических карт, позволяющих судить об общей геоморфологической обстановке территорий, о степени развития экзогенных процессов. Информация об экзогенных процессах, получаемая по снимкам (тип процесса и форма его проявления, относительный возраст, стадия развития), наносится на общую геоморфологическую основу. Для точного переноса дешифрированных контуров могут быть использованы универсальный топографический проектор (УТП-2) и фототрансформатор (ФТМ-1). В полевых условиях подобные операции могут производиться при помощи топографических палеток и пропорционального циркуля.

Дешифрирование аэрофотоснимков позволяет получить достаточную количественную информацию о площадном развитии экзогенных объектов и оценить интенсивность рельефообразующих процессов. Предлагаемые методы количественной оценки используются в практике недавно и основаны на известном положении Е. П. Емельяновой (1969): под интенсивностью проявления процесса понимается количество экзогенных форм на единицу площади, или доля (процент) площади, занятой формами, от общей площади территории; активность проявления процессов — отношение свежих экзогенных форм к их общему количеству. Оценку интенсивности и активности экзогенных процессов мы предлагаем давать последовательно по типам, формам и элементам рельефа. Все измерения производятся при помощи планиметра или топографической палетки. В результате обработки количественных данных дается оценка интенсивности процессов по четырехбалльной системе и производится районирование территории. Выделяются участки: с очень сильной интенсивностью процессов, сильной интенсивностью, слабой интенсивностью и с практическим отсутствием экзогенных процессов.

Принципы районирования территорий по интенсивности проявления экзогенных процессов. Подобное районирование должно проводиться на основе выделения по геоморфологическим признакам таксономических единиц и их количественной оценки. В результате последовательного анализа ряда признаков: 1) интенсивности проявления процессов в пределах определенного морфогенетического типа рельефа и геологического комплекса пород; 2) интенсивности процессов в пределах различных форм рельефа и их элементов; 3) степени и характера активности процессов — выделяются области, районы и участки. Полученные в результате картирования и количественной оценки интенсивности процессов данные позволяют также выявить в некоторых случаях стадии развития и динамику. Последнее определяется либо на основе сравнительного дешифрирования аэрофотоснимков разных лет, либо ретроспективно, по материалам аэрофотосъемки одного года, методом составления ландшафтно-генетических рядов (Альтер, 1966; Садов, 1970). Таковы общие принципы и методика составления специальных геомор-

Структурная схема распознавания типов и условий развития экзогенных процессов по материалам аэрофотосъемки

Уровень распознавания	Задача распознавания	Признаки распознавания			
		Плановые		Стереоскопические	
		Признаки	Индикационная интерпретация признака	Признаки	Индикационная интерпретация признака
I.	Установление наличия на аэрофотоснимках генетических групп экзогенных объектов	Пятна и полосы различной конфигурации и фототона, контрастирующие с окружающей обстановкой	Аномальные по ландшафтным особенностям участки исследуемой поверхности	—	—
II.	Определение субстанционных условий развития экзогенных процессов (группы горных пород)	Плановая конфигурация объекта. Характер границ нарушенных и ненарушенных участков поверхности. Структура аэрофотонизображения участков исследуемой поверхности, не затронутой процессом смещения	Инженерно-геологический тип горных пород. Виды растительности. Характер увлажнения. Наличие и характер деформации. Инженерно-геологический и литолого-петрографический типы горных пород	Пространственная конфигурация и характер поверхности сместившихся масс	Инженерно-геологический тип горных пород
III.	Определение морфологической структуры экзогенного объекта и его генетических особенностей	Плановая конфигурация объекта. Размеры объекта в плане (длина, ширина, диаметр, коэффициент вытянутости объекта, площадь)	Форма и структура сместившихся масс. Механизм протекания процесса	Морфографо-морфометрические характеристики объекта (глубина, высота и крутизна)	Морфогенетическая структура объекта в целом и его элементов
IV.	Определение характера развития экзогенных процессов и относительного возраста их проявления (в виде сфотографированных разновозрастных объектов)	Яркий контраст, фототон объекта по отношению к окружающему фону. Структура аэрофотонизображения объекта и фона	Степень обнаженности поверхности. Характер растительности на различных элементах объекта. Степень сохранности в рельефе форм проявления процесса. Характер развития вторичных процессов, преобразующих созданные формы		

фологических карт экзогенных процессов для целей инженерной практики. Однако содержание карт меняется в зависимости от масштаба, который определяется их назначением. В большинстве случаев специальные геоморфологические карты являются необходимым дополнением инженерно-геологических карт, поскольку дают полное геоморфологическое обоснование для проектируемых сооружений.

Опыт составления специальных геоморфологических карт по материалам аэрофотосъемки (Жильцов и др., 1973) позволяет нам рекомендовать составление серии специальных геоморфологических карт, различных по масштабу и назначению.

1. Специальные геоморфологические карты обзорного характера (м-б 1 : 100 000 — 1 : 200 000) позволяют оценить общий характер распространения экзогенных объектов в пространстве, произвести их типизацию, оценить их интенсивность и активность в пределах различных типов рельефа, выделить наиболее динамичные территории, в пределах которых необходимы детальные исследования. Наиболее оптимальны для составления таких карт аэрофотоснимки масштабов 1 : 25 000 — 1 : 35 000.

2. Специальные детальные геоморфологические карты (м-б 1 : 10 000 — 1 : 25 000) составляются на наиболее динамичные в отношении развития экзогенных процессов территории. Они позволяют оценить интенсивность и активность экзогенных процессов в зависимости от приуроченности их к различным формам и элементам рельефа (склонам различной крутизны, формы и профили, элементам террас, пойм и т. п.), определить характер развития экзогенных процессов в пространстве и времени, что позволит составить ландшафтно-генетические ряды и выявить некоторые закономерности их развития. Наиболее оптимальны для составления таких карт аэрофотоснимки масштабов 1 : 10 000 — 1 : 17 000.

Возможности прогнозирования экзогенных процессов по материалам аэрофотосъемки. Главные задачи прогноза развития экзогенных процессов: определение подверженности территории тому или иному процессу, выявление направленности и интенсивности развития этого процесса в будущем. Согласно представлениям К. А. Гулакяна, В. В. Кюнтцеля, А. П. Шеко (1972), выделяются три стадии прогноза экзогенных процессов, каждой из которых отвечает определенное целевое назначение и методы прогнозирования. На первой стадии оценивается возможность возникновения, интенсивность и ожидаемая направленность процесса. Это преимущественно долгосрочные прогнозы. На этой стадии используются историко-геологические методы оценки, методы аналогий (сравнительно-геологический метод, метод природных аналогов, расчетные методы устойчивости склонов, переработки берегов, интенсивности карста и т. д.). На второй стадии определяется ход развития процесса во времени. Это преимущественно краткосрочные прогнозы. Здесь используются методы учета факторов, индикационный анализ стадий и фаз развития процесса, метод моделирования эквивалентными материалами. На третьей стадии выясняется ожидаемый характер изменения территории или ее отдельных частей, захваченных процессами в различных стадиях. Здесь используются методы центрального моделирования, моделирования эквивалентными материалами, оптического моделирования и расчетные методы (воздействия процессов на сооружения, оценка сохранности территорий). Метод дешифрирования аэрофотоснимков может быть использован, с нашей точки зрения, лишь на первой стадии прогноза как один из методов прогнозного картирования.

Анализ специальных геоморфологических карт, составленных с широким привлечением количественных методов оценки интенсивности и активности проявления экзогенных процессов, позволит выявить наи-

более динамичные территории, т. е. определить участки возможной дальнейшей активизации экзогенных процессов. При поочередном наложении специальной геоморфологической карты на карты различных факторов, обуславливающих интенсивность развития экзогенных процессов (геолого-литологическую, неотектоническую, гидрогеологическую, хозяйственной освоенности, климатическую и др.), возможно проведение качественно-количественного анализа связи развития экзогенных процессов с соответствующими компонентами ландшафта. Это позволит оценить роль и значение каждого фактора в развитии процессов, используя для этого графические и статистические методы, предложенные Е. П. Емельяновой (1972) для оползней, Г. А. Максимовичем (1963) для карста, М. И. Ивероновой (1968) для обвально-осыпных процессов, и др.

Результатом анализа факторов, определяющих развитие экзогенных процессов, является прогнозное районирование территории, основным содержанием которого будет выделение участков различной устойчивости к воздействию тех или иных экзогенных процессов, например выделение участков по устойчивости закарстованных территорий на основе коэффициента закарстованности (Максимович, 1963).

Для решения задач, связанных с краткосрочным прогнозированием, требуется более широкое комплексирование аэрометодов с другими методами, в частности с инженерно-геологическими, геофизическими, геодезическими и др.

ЛИТЕРАТУРА

- Альтер С. П. Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков. М.—Л., «Наука», 1966.
- Барабаш Ю. Л., Варский В. В., Зиновьев В. Г., Кириченко В. С., Сапегин В. Ф. Вопросы статистической теории распознавания. М., «Советское радио», 1967.
- Гулакян К. А., Кюнцель В. В., Шеко А. И. Задачи, принципы и методы прогноза экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. «Тр. ВСЕГИНГЕО». М., вып. 35, 1972.
- Емельянова Е. П. О применении количественных методов в инженерной геологии. «Тр. научно-технического совещания по гидрогеологии и инженерной геологии». М., «Недра», вып. 5, 1969.
- Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. М., «Недра», 1972.
- Жильцов Ю. М., Ревзон А. Л., Садов А. В., Чалидзе Ф. Н. Опыт применения аэроландшафтных методов при изучении современных экзогенных процессов в зоне влияния Братского водохранилища. «Тр. ВСЕГИНГЕО». М., вып. 58, 1973.
- Звонкова Т. В. Прикладная геоморфология. М., «Высшая школа», 1970.
- Иверонова М. И. Опыт анализа склоновых явлений статистическим способом по аэро-снимкам и крупномасштабной карте. «Изв. АН СССР. Серия геогр.», № 2, 1968.
- Максимович Г. А. Основы карстования, т. 1. Пермь, 1963.
- Садов А. В. Современное состояние и перспективы использования аэроландшафтных методов при инженерно-геологических исследованиях. В сб. «Материалы юбилейных чтений ВСЕГИНГЕО, посвященных 100-летию со дня рождения В. И. Ленина». М., 1970.
- Садов А. В., Ревзон А. Л. Принципы распознавания оползневых процессов по материалам аэрофотосъемки. «Вестник МГУ, сер. V, география». № 5, 1972.
- Садов А. В., Ходжаев М. Г., Радченко Э. К., Ревзон А. Л., Рожченко Л. Т. Опыт картирования и прогнозирования оползней в горных районах Узбекистана с использованием среднемасштабных аэрофотоснимков. Экспресс-информация ОНТИ ВИАМС. «Гидрогеология и инженерная геология». М., № 7, 1972.

ВНИИ инженерной геологии
и гидрогеологии

Поступила в редакцию
11.XII.1973

METHODS OF AERIAL PHOTOGRAPHS ANALYSIS FOR ESTIMATION OF KARST AND LANDSLIDES RECENT INTENSITY

A. L. REVZON

Summary

An interpretation of exogenous objects may be a main source of information for special geomorphological map compiling with the aim of engineering design and agricultural land classification. Usage of object identification principles based on formalization of the aerial photoimage elements essentially increases the objectivity of the interpretation. The results make possible a quantitative estimation of intensity and activity of exogenous processes which is used as a base of special geomorphological maps containing elements of prognosis of the processes. Considerable decreasing of the interpretation subjectivity increases reliability of special geomorphological maps.
