

Следует отметить, что при комплексных исследованиях устричных особенно важно изучение особенностей их прижизненного прикрепления именно к макрофаунистическим объектам. Нередко многие фаунистические остатки из-за неблагоприятных условий захоронения бесследно разрушаются, и вследствие этого оказывается невозможным выяснение полного систематического состава древних биоценозов. Тщательное изучение отпечатков поверхности биосубстрата на эпибионтах, массивные толстостенные раковины которых оказываются более устойчивыми к разрушению, позволяет получить дополнительную информацию о систематическом составе населения морского бассейна, т. е. является одним из путей преодоления неполноты палеонтологической летописи [6, 7]. Проведённое нами сравнение систематического состава оксфордской макрофауны, выявленного непосредственной диагностикой собранного раковинного материала, и анализом ксеноморфных

площадок прикрепления грифей (обнаружившее, кстати, полное отсутствие сходства), показало возможность выявления в составе сообщества форм (двустворки *Oxytoma*, *Pholadomya*, *Trigonia*), остатки которых в изученном местонахождении либо до сих пор не были найдены, либо не сохранились.

Основным благоприятным фактором, позволяющим провести анализ с необходимой степенью детальности, является массовость случаев эпибиоза для грифеидных устриц. К сожалению, изученная коллекция, включающая небольшое количество экземпляров, не позволяет получить в полном смысле статистически достоверные выводы. Результаты исследования следует считать предварительными.

Помимо уточнения систематического состава древних биоценозов полученные в процессе изучения ксеноморфных площадок данные могут «оказаться крайне важными как в стратиграфическом, так и в палеобиогеографическом отношениях» [4, с. 45].

ЛИТЕРАТУРА

1. Геккер Р.Ф. Явления прирастания и прикрепления среди верхнедевонской фауны и флоры Главного девонского поля: Очерки по этологии и экологии населения палеозойских морей Русской платформы. М.: Изд-во АН СССР, 1935. С. 159–280 (Тр. Палеозоол. ин-та АН СССР; Т. 4).
2. Геккер Р.Ф. Тафономические и экологические особенности фауны и флоры Главного девонского поля. М.: Наука, 1983. 144 с.
3. Герасимов П.А. Руководящие ископаемые мезозоя центральных областей европейской части СССР. М.: ГОНТИ, 1955. Ч. 1. 380 с.
4. Иванов А.В. Уточнение систематического состава морских палеобиот на основе анализа эпибионтии (на примере устричных) // Изв. вузов. Геология и разведка. 2003. № 6. С. 43–45.
5. Иванов А.В., Перушов Е.М. Некоторые результаты изучения прикреплённых представителей поздне меловой морской фауны // Учён. зап. геол. фак-та Саратовского гос. ун-та. Нов. сер. Вып. 1. 1997. С. 19–28.
6. Комаров В.Н. О неполноте геологической летописи. Статья 1. Взгляды Чарльза Дарвина и современность // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 3. С. 3–9.
7. Комаров В.Н. О неполноте геологической летописи. Статья 2. Об успехах в сокращении неполноты и не только // Изв. вузов. Геология и разведка. 2010. № 4. С. 3–9.
8. Коробков И.А. Введение в изучение ископаемых моллюсков. Ленинград. Изд-во ЛГУ, 1950. 283 с.
9. Лукашенко С.В., Наянова Т.Ф., Комаров В.Н. Местонахождение ископаемых остатков зоны *Virgatites virgatus* в Нижних Мневниках (г. Москва) — уходящая натура // Изв. вузов. Геология и разведка. 2009. № 1. С. 3–7.
10. Лукашенко С.В., Наянова Т.Ф., Комаров В.Н. Ископаемые остатки зоны *Virgatites virgatus* из местонахождения Нижние Мневники (г. Москва) // Новые идеи в науках о Земле. Тезисы докладов IX международной конференции 2009. Т. 1. М.: РГГРУ. С. 78.
11. Марковский Б.П. Методы биофациального анализа. М.: Недра, 1966. 271 с.
12. Рожкова Ю.П., Шекина А.Д., Комаров В.Н. Биоразнообразие ископаемых зоны *Virgatites virgatus* из местонахождения Нижние Мневники (г. Москва) // Палеонтология и эволюция биоразнообразия в истории Земли (в музейном контексте). Сборник научных работ. М.: ГЕОС, 2012. С. 108.
13. Сельцер В.Б., Иванов А.В. Результаты анализа прикрепления келловейских *Gryphaea* Поволжья // Вопросы палеонтологии и стратиграфии. Нов. сер. Вып. 1. Саратов: Колледж, 1998. С. 35–40.
14. Чельцов Н.А. Значение микроструктуры раковины меловых устриц для их систематики. М.: Наука, 1969. 102 с.

УДК: 550.814

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ПРИ ПОИСКАХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРОГНОЗЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ

А.В. ЗВЕРЕВ, А.Т. ЗВЕРЕВ

Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)
105064, Россия, г. Москва, Горьковский переулок 4; e-mail: n3kl@yandex.ru

Показана целесообразность использования автоматизированного линеamentного анализа для целей геологоразведки и инженерной геологии. Установлено, что залежи углеводородов формируются в местах повышенной плотности поперечных и в меньшей степени продольных по отношению к морфоструктурам локаль-

ных линеаментов. У кососекущих линеаментов отсутствует корреляция с залежами углеводородов. Миграция трещинных подземных вод и активное развитие оползней происходит на участках повышенной плотности локальных линеаментов, ориентированных поперёк речных долин и горных хребтов. Миграция и концентрация аллювиальных подземных вод возникает в зонах сгущения региональных (протяженных) линеаментов. Для землетрясений характерна закономерная цикличность в изменении систем линеаментов, выраженная в увеличении степени проявленности поперечных линеаментов, закономерном изменении величины отношения линеаментов разных простираний и в изменении характеристик поля линий вытянутости и роз-диаграмм на стадии подготовки землетрясения и после него. Цифровые модели рельефа (ЦМР) позволяют выявить морфоструктурные линеаменты, а снимки — ландшафтные линеаменты, которые наиболее полно отображают дизъюнктивную структуру земной коры.

Ключевые слова: линеамент; линеаментный анализ; месторождение; оползневые участки; подземные воды; космический снимок; прогноз.

USE OF THE AUTOMATED LINEAMENT ANALYSIS OF THE SPACE IMAGES FOR EXPLORATION OF OIL-GAS DEPOSITS AND FORECAST OF EARTHQUAKES, SLOPE PROCESSES AND WAYS OF UNDERGROUND WATER MIGRATION

A.V. ZVEREV, A.T. ZVEREVA

*Moscow State University of Geodesy and Cartography
105064, Russia, Moscow, Gorokhovskiy pereulok, 4; e-mail: n3kl@yandex.ru*

The usefulness of automated lineament analysis for the exploration and engineering geology is shown on concrete examples. The hydrocarbon deposits are established to be formed in the areas of the high density of the transverse local lineaments (to a lesser extent — the longitudinal ones) with respect to the morphological structures. Obliquely cutting lineaments have no correlation with deposits of hydrocarbons. The migration of fractured groundwater and the active development of landslides occur in areas of high density of local lineaments oriented across the river valleys and mountain ranges. The migration and concentration of alluvial groundwater occurs in the areas of regional thickening (extended) lineaments. Earthquakes are characterized by the patterns of predictive cyclical changes in systems of lineaments expressed in the increase in the degree of manifestation of transverse lineaments, regular change of the ratio of different lineaments strike and in change of the characteristics of the field lines stretch out and rose diagrams in preparation of the earthquake and after it happens. Digital elevation models reveal morphological structural lineaments, and space images — landscape lineaments that represent the disjunctive structure of the Earth's crust best of all.

Key words: lineament; lineament analysis; deposit; landslide areas; underground water; space image; forecast.

Авторами обобщены результаты многолетних исследований по применению автоматизированного линеаментного анализа космических снимков при решении различных геолого-разведочных и инженерно-геологических задач на примере месторождений и геологических процессов, контролируемые зонами разрывных нарушений и трещин.

При анализе использовался пакет прикладных программ автоматизированного статистического анализа линейных элементов (штрихов) LESSA (Lineament Extraqction and Stripe Statistical Analysis) [14].

Программа LESSA позволяет выявлять линейные элементы (штрихи) и описывает их свойства: розы-диаграммы, плотности штрихов, протяженность линеаментов, прослеженных по одинаково ориентированным штрихам. Штрихи выделяются по восьми азимутам простирания (от 0 до 180°) с осреднением 22,5°. Размер штриха составляет 10 пикселей на снимке. Роза-диаграмма штрихов строится в окне с диаметром 50 пикселей.

В литературе широко обсуждается проблема отождествления линеаментов с зонами разрывных нарушений и трещин. В первую очередь это касается платформенных областей, на которых нередко

выделяется густая сеть протяженных ортогональных и диагональных систем линеаментов, не редко пересекающих всю платформу и уходящих за ее пределы [1, 4, 6, 14, 15, 17—19, 22, 23, 25, 26].

Вместе с тем, как отмечают И.В. Егоров и С.И. Андреев [5], линеаментный анализ земной коры, не смотря на его внутренние проблемы и не взирая на разнообразные критические замечания в его адрес: «...универсален и может быть использован практически на любых стадиях геологического исследования. Особенно эффективно применение его в роли «опережающего», т. е. дающего возможность получить принципиальное представление о тектонической структуре территории на самых начальных стадиях ее изучения...».

Подчеркнем, что данный диспут о физической природе линеаментов касается выделения лишь протяженных (сквозных) линеаментов регионального и глобального уровней. Что же касается локальных линеаментов, то объективность их выделения подтверждается визуальным дешифрированием орографических и гидрографических линейных элементов, трассирующих зоны разрывных нарушений и трещин [14, 23].

Учитывая данное положение, основные исследования авторами выполнялись с использованием таких статистических показателей как плотность штрихов разных простираний и розы-диаграммы штрихов. Ниже приведены результаты автоматизированного линеаментного анализа космических снимков. При этом в качестве исходной информации использовался синтезированный снимок Landsat-7, полученный при синтезе зональных снимков, зелёной (0,5–0,6 мкм), красной (0,63–0,69 мкм) и ИК (1,55–1,75 мкм) спектральных зон, наиболее информативных для выявления линеаментов.

Поиск месторождений

Линеаментный анализ широко используется при прогнозе месторождений полезных ископаемых. Многие исследователи отмечают приуроченность месторождений к линеаментам и особенно к местам (узлам) их пересечения [1, 3, 15, 17, 20, 21, 22, 25, 26]. Однако, если внимательно присмотреться к приводимым при этом структурным построениям, то можно легко заметить, что месторождения приурочены не ко всем линеаментам и узлам их пересечения [1, 18, 19–21, 25 и др.]. Таким образом, в интерпретации связи линеаментов и узлов их пересечения с месторождениями имеется определённая неоднозначность, то есть необходима более строгая локализация месторождений по отношению к линеаментам.

Учитывая данные обстоятельства, авторы использовали в качестве индикаторов мест расположения месторождений непротяженные линеаменты и узлы их пересечения, а статистические показатели развития штрихов разных простираний. Это позволило локализовать места расположения месторождений.

Поиск месторождений осуществлялся двумя способами. В первом способе использовались три статистических показателя развития систем штрихов: плотность штрихов, степень вытянутости роз-диаграмм штрихов и степень их отличия от круга, которые получены при автоматизированном линеаментном анализе синтезированного снимка Landsat. На известных месторождениях определялись свойственные им интервалы (величины) данных статистических показателей и в автоматизированном режиме на исследуемой площади выявлялись участки с подобными статистическими характеристиками. Предполагалось, что данные участки являются местами наиболее перспективными для поиска месторождений. Данный способ прогноза использовался при оценке перспективности территорий Йемена и Таджикистана на месторождения руд цветных металлов [11; 16] и нефтегазовых месторождений [9]. Однако окончательное заключение о целесообразности применения подобной методики в поисково-разведочных работах можно

будет сделать лишь после накопления большого количества наблюдений с привлечением наземных геолого-геофизических и буровых работ.

Во втором способе поиска месторождений на основе автоматизированного анализа космических снимков использовалась плотность штрихов определённого азимута простирания, с которым установлена связь одного (или нескольких) известных месторождений. Индикатором возможного местоположения месторождения служит наличие повышенной плотности штрихов данного азимута простирания.

Второй способ разработан авторами на примере Журавского нефтегазового месторождения, расположенного на восточном склоне Ставропольского поднятия, в 30 км к югу от города Благодарный [9]. Контур этого месторождения показан на рис. 1, а. В качестве исходных материалов использовались зональные космические снимки Landsat-7 (ETM+), имеющие пространственное разрешение 30 м на пиксель, цифровая модель рельефа (ЦМР) с разрешением 90 м на пиксель.

В результате обработки синтезированного снимка и ЦМР получены схемы плотности штрихов как для суммы штрихов всех азимутов простирания, так и для каждого из азимутов простирания (осреднение 22,5): 0; 22,5; 45; 57,5; 90; 112,5; 135; 157,5°. Эти схемы плотности сравнивались с расположением залежей углеводородов Журавского месторождения (рис. 1, а).

На схеме суммарной плотности штрихов всех восьми азимутов простирания, полученных при автоматизированной обработке синтезированного космического изображения, распределение величин плотности не имеет видимой связи с месторождением. Участки повышенной и пониженной плотности достаточно равномерно распределены по всей исследованной площади, в пределах листа топографической карты L-38-99 (рис. 1, б).

На схемах плотности штрихов разных азимутов простирания, полученных при автоматизированном линеаментном анализе ЦМР, также не наблюдается связи распределения плотности с Журавским нефтегазовым месторождением [9].

На схемах плотности штрихов разных азимутов простирания, полученных при автоматизированном линеаментном анализе синтезированного космического снимка Landsat-7, связь повышенной плотности штрихов с месторождением наблюдается у двух азимутов простирания штрихов — 45 и 135° (рис. 1, в, г). Аномалии плотности штрихов других азимутов простирания не имеют видимой связи с месторождением [9].

Азимут простирания штрихов 45° — поперечный, а 135° — продольный по отношению к основным формам выработанного рельефа района. На более богатые нефтяные залежи приурочены к участкам с повышенной плотностью поперечных

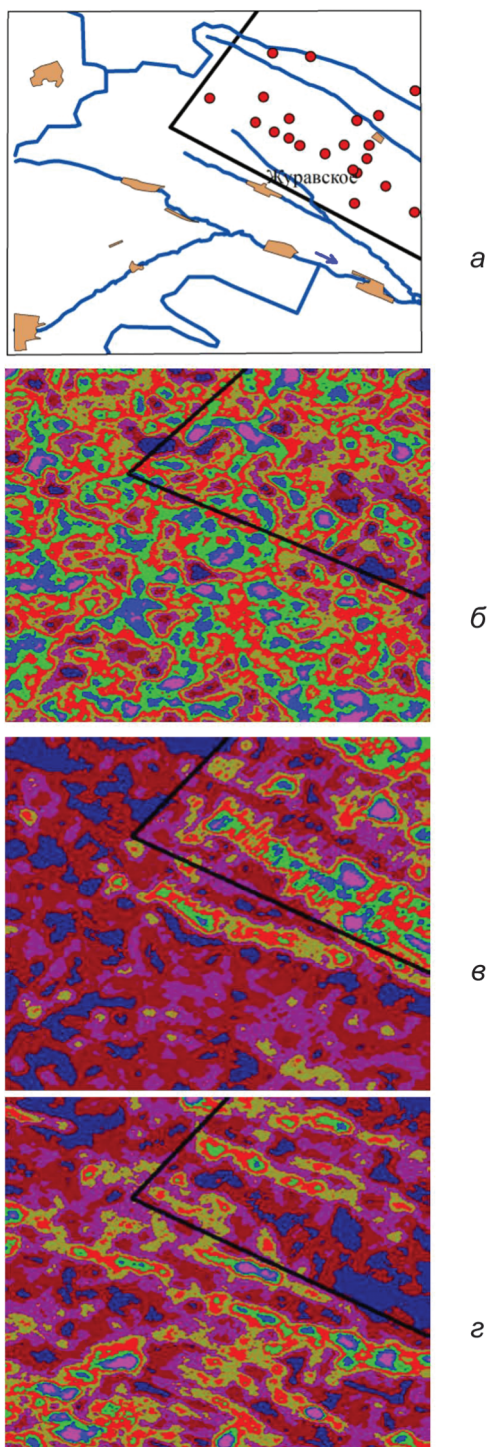


Рис. 1. Результаты автоматизированного линеamentного анализа космического снимка района Журавского месторождения: а — схема территории работ с гидрографией, основными населенными пунктами и нефтяными вышками, б — схема суммарной плотности штрихов, в — схема плотности штрихов по азимуту простирания 45°, з — схема плотности штрихов по азимуту простирания 135°

штрихов, а более бедные — к повышенной плотности продольных штрихов.

Повышенная плотность штрихов с азимутами простирания 45 и 135° к югу от Журавского месторождения указывает на возможное нахождение

здесь новых, ещё не обнаруженных залежей углеводородов (рис. 1, в, з).

Прогноз землетрясений

Прогноз землетрясений с использованием автоматизированного линеamentного анализа космических снимков осуществляется также двумя способами. В первом способе в качестве предвестников используется закономерное изменение в период подготовки землетрясения общей плотности штрихов всех азимутов простирания, плотностей поперечных и продольных штрихов и разность плотностей штрихов, которые наблюдались в период подготовки землетрясений и после него [7].

Во втором способе в качестве основных предвестников используются закономерные изменения роз-диаграмм и величины отношения суммарных длин штрихов разных азимут простирания [4]. Исследование землетрясений, произошедших в мире за последние 15 лет [4], показали, что за 1—3 месяца до землетрясения наблюдается закономерное изменение роз-диаграмм, в основном за счёт увеличения числа поперечных линеamentов, и величины отношений суммарной длины штрихов разных азимут простирания (рис. 2). Эти изменения достигают максимума за 10—20 дней до главного толчка и сохраняются в течение 10—20 дней после него. В течение 1—3 месяцев после толчка всё возвращается к начальному состоянию. В отдельных регионах эти сроки могут изменяться, но общая тенденция динамики изменения сохраняется [4].

Прогноз склоновых процессов

Автоматизированный линеamentный анализ позволяет выявить места развития коллювиальных отложений и оползневые участки. Первые характеризуются повышенной суммарной плотностью штрихов всех азимут простирания, с которой связана повышенная раздробленность массивов горных пород, обуславливающая образование коллювиальных отложений. Вторые характеризуются повышенной плотностью штрихов, определённых азимут простирания.

В качестве примера приведем результаты автоматизированного линеamentного анализа для изучения широко развитых оползневых процессов в бассейне р. Мзымта районе Красной Поляны (рис. 3, а).

Долина р. Мзымта на большей части своей протяженности (от Красной Поляны до пос. Эстосадок) ориентирована поперек морфоструктур общекавказского простирания, а её левые и правые притоки ориентированы в соответствии с простиранием основных морфоструктур Кавказа. Лишь выше пос. Эстосадок долина р. Мзымта резко поворачивает к юго-востоку согласно общекавказскому простиранию морфоструктур, а её притоки становятся поперечными к морфоструктурам (см. рис. 3, а).

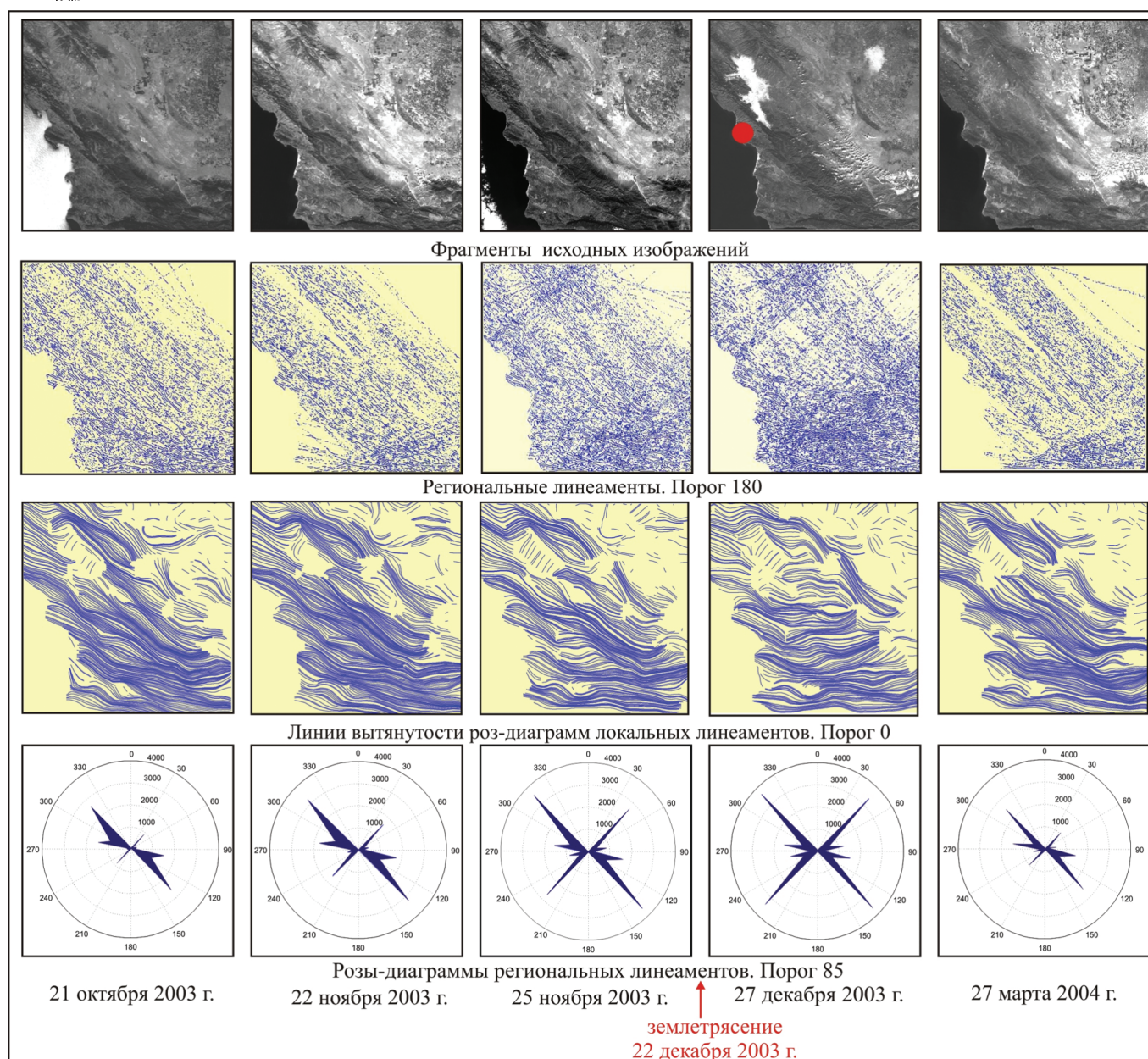


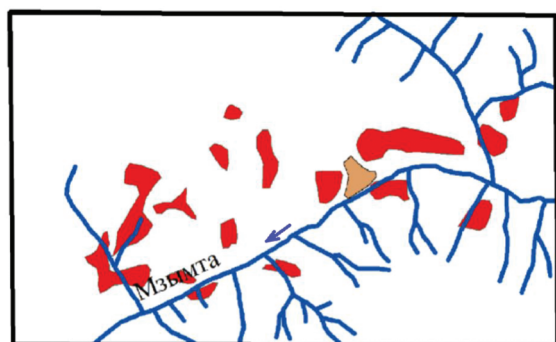
Рис. 2. Динамика систем локальных и региональных линеаментов, выявленных по космическим изображениям в период землетрясения 22 декабря 2003 г. вблизи г. Сан-Симеон ($M=6.5$)

Линии вытянутости, полученные при анализе ЦМР, соответствуют простиранию морфоструктур, а по снимкам — поперечным к ним зонам разрывных нарушений и трещин долины р. Мзымта. Подобное несоответствие направлений линий вытянутости вполне понятно, поскольку цифровая модель рельефа (ЦМР) отражает морфоструктурные (рельефные) линеаменты, а снимки — ландшафтные линеаменты, которые связаны не только с линеаменами, выраженными в рельефе, но и с зонами трещин и разрывных нарушений, не выраженных в рельефе, но проявленных в комплексе ландшафтных признаков [8].

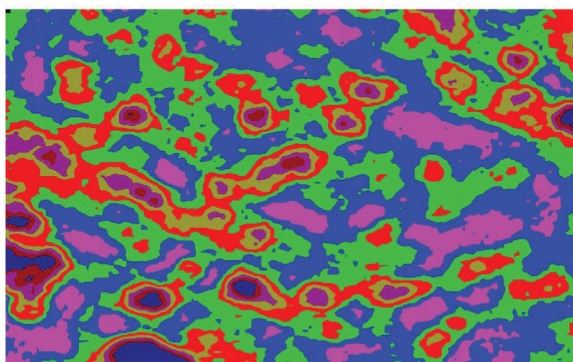
Анализ схемы плотности штрихов разных азимутов простирания, полученных при линеаментном

анализе синтезированного космического снимка (3, б) и ЦМР, показывает, что корреляция между аномалиями плотности штрихов и оползневыми участками в большинстве случаев отсутствует. Она наблюдается лишь у аномалий плотности штрихов с азимутами простирания 45 и 135° (рис. 3, в, г).

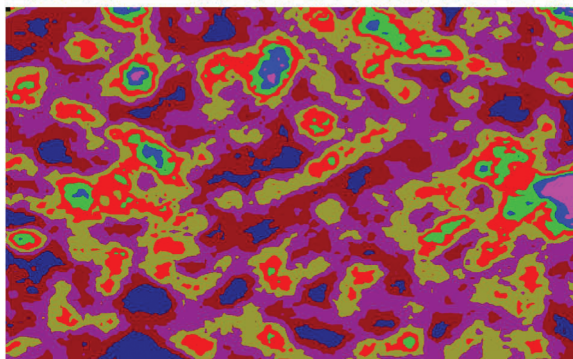
Первый азимут простирания штрихов (45°) является поперечным к притокам р. Мзымта, а второй (135°) — поперечным к самой долине р. Мзымта. Это указывает на то, что основным фактором развития оползневых процессов служит не общая раздробленность массивов горных пород, а повышенная плотность поперечных к долинам рек зон разрывных нарушений и трещин, трассируемых штрихами, которые выявляются при автоматизи-



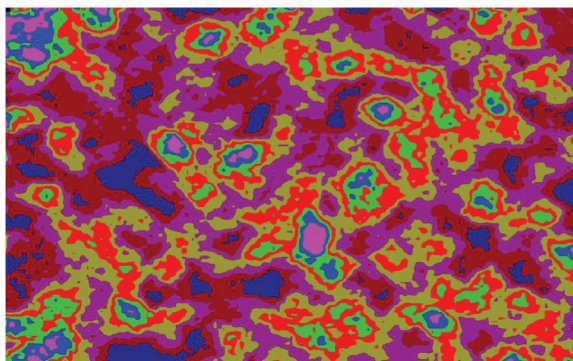
а



б



в



г

Рис. 3. Результаты автоматизированного линеamentного анализа космического снимка района Красной Поляны (Сочи): а — схема района с нанесенными на нее оползневыми участками, б — суммарная плотность штрихов, в — плотность штрихов с азимутом простирания 45° , г — плотность штрихов с азимутом простирания 135°

рованном линеamentном анализе космических снимков.

Данная закономерность вполне объяснима, так как поперечные зоны разрывных нарушений и трещин являются путями миграции трещинно-грунтовых и трещинно-жильных подземных воды к об-

ластям разгрузки в долинах рек. Подземная вода смачивает горные породы на склонах, что приводит к их смещению (оползанию) вниз по склону.

Широкое развитие оползневых процессов в районе Красной Поляны обусловлено тем, что в его геологическом строении преобладают трещиноватые терригенные (в основном глинистые и мелкообломочные породы) и терригенно-карбонатные породы, которые легко увлажняются и соскальзывают вниз по склону. Без такого увлажнения образуются чаще всего не оползни, а коллювиальные отложения.

Выявленная закономерная связь оползневых процессов с повышенной плотностью штрихов поперечных по отношению к долинам рек, позволит выявить новые оползневые участки на левобережье р. Мзымта от устья р. Ржанки до устья р. Пелух, в бассейнах рек Гелион 1, 2, 3, в районе комплекса олимпийских горнолыжных трамплинов, а также в отдельных районах правобережья р. Мзымта, в которых наблюдаются повышения плотности штрихов поперечных к долинам р. Мзымта или ее притоков. Данный прогноз был подтвержден во время полевых работ в июле—августе 2014 г.

Прогноз путей миграции подземной воды.

При прогнозе путей миграции подземной воды на основе данных автоматизированного линеamentного анализа используются различные статистические показатели в зависимости от условий залегания подземной воды. В случае трещинно-грунтовых и трещинно-жильных вод, как это было показано выше при анализе оползневых процессов, в качестве индикатора наличия трещинной воды выступает повышенная плотность штрихов, ориентированных поперечно к речным долинам, являющихся областями разгрузки трещинных вод [7].

Прогноз месторождений подземных вод, которые имеют особенно большое значение для водоснабжения в засушливых районах с пересыхающими реками, осуществляется на основе анализа плотности протяженных (так называемых сквозных) линеamentов, пересекающих весь снимок. Пути миграции подземной воды совпадают с зонами сгущения сквозных линеamentов в долинах пересыхающих рек и речных палеодолинах.

При прогнозе глубины залегания подземной воды использованы корреляционные связи глубины залегания воды с плотностью штрихов, степенью вытянутости роз-диаграмм и степенью отличия роз-диаграмм штрихов от круга. Установлено что наиболее устойчивой связью с плотностью штрихов обладают глубины залегания грунтовых вод и глубокозалегающих межпластовых подземных вод с участками повышенной плотности штрихов. При этом между глубиной залегания грунтовых вод и плотностью штрихов существует

обратная зависимость, а между глубиной межпластовой воды и плотностью штрихов — прямая [13].

Заключение

Выполненное обобщение накопленного авторами опыта по использованию автоматизированного линеamentного анализа космических снимков показало его высокую эффективность для решения целого ряда поисковых и прогнозных задач геологоразведки и инженерной геологии. Установлено, что для прогноза нефтегазовых месторождений и оползневой опасности главным критерием является аномальное повышение плотности поперечных штрихов, а для прогноза землетрясений — поперечных линеamentов и величины отношения суммарных длин линеamentов разных простираний.

На целом ряде примеров показано, что при автоматизированном линеamentном анализе ЦМР и

космических снимков получается различная информация: ЦМР позволяет выявить морфоструктурные линеamentы, а снимки — ландшафтные линеamentы. Ландшафтные линеamentы отображают не только главные (морфоструктурные) неоднородности строения земной коры, но и осложняющие их секущие структуры, выраженные в ландшафтах.

При решении целого ряда поисковых геологических задач именно степень выраженности на космических снимках ландшафтных линеamentов является одним из важнейших индикаторов наличия месторождений, сейсмической и оползневой опасности, путей миграции подземной воды, поскольку линеamentы являются комплексными ландшафтными индикаторами наличия зон разрывных нарушений и трещин.

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки РФ (задание № 2014/19, код проекта 1753).

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированный анализ природных линеamentных систем. Сборник научных трудов. Л.: Мингео СССР. Объединение «Аэрогеология». 1988. 131 с.
2. Аксенов А.А., Можаяева В.Г. Задачи аэрокосмических исследований по структурному обеспечению нефтегазопроисковых работ // Исследования Земли из космоса. 1990. № 4. С. 26–32.
3. Амурский Г.И., Бондарева М.С. Использование космических снимков Земли при изучении строения зон дегазации нефтегазоносных бассейнов // Исследования Земли из космоса. 1981. № 3. С. 27–39.
4. Бондур В.Г., Зверев А.Т., Гапонова Е.В., Зима А.Л. Исследование из космоса предвестниковой цикличности при подготовке землетрясений, проявляющейся в динамике линеamentных систем // Исследования Земли из Космоса. 2012. № 1. С. 3–20.
5. Егоров И.В., Андреев С.И. Опыт применения линеamentного анализа при изучении особенностей размещения скоплений глубоководных сульфидных руд на участке «12°58 с.ш.», Северо-Атлантический хребет // Геоморфология. 2005. № 2. С. 18.
6. Еременко В.Я., Каттерфельд Г.Н. Использование космических снимков при изучении региональных и глобальных систем линеamentов // Изв. вузов. Геология и разведка. 1987. № 10. С. 23–29.
7. Зверев А.В. Разработка методики поиска подземных вод по материалам многозональной космической съемки // Сборник статей по итогам научно-технических конференций // Приложение к журналу Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 6. Вып. 4. 105 с.
8. Зверев А.В. Сравнение результатов линеamentного анализа космического снимка и цифровой модели рельефа. Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014, № 2, С. 96–99.
9. Зверев А.В., Зверев А.Т. Методика поиска нефтегазовых месторождений с использованием линеamentного анализа космических снимков // Приложение к журналу «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка». Сб. статей по итогам международной научно-технической конференции, посвященной 235-летию основания МИИГАиК. Выпуск 7 (в двух частях). Часть I. М.: Изд-во МИИГАиК, 2014. С.160–163.
10. Зверев А.Т., Кахтан Амин Али. Результаты использования космических снимков для оценки нефтегазоносности территорий Йемена // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1996. № 1. С. 62–69.
11. Зверев А.Т., Кахтан Амин Али. Результаты использования линеamentного анализа космических снимков для поиска месторождений медных руд // Исследования Земли из космоса. 1996. № 1. С. 99–106.
12. Зверев А.Т., Малинников В.А., Ареллано-Баэса. Изучение динамики линеamentов, обусловленной землетрясениями в Южной Америке, с применением линеamentного анализа данных спутника Aster (Terra) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 5. С. 56–65.
13. Зверев А.Т., Малинников В.А., Карне Х. Исследование взаимосвязи глубины залегания подземной воды и статистических параметров линеamentной тектоники, полученных при автоматизированном анализе космических изображений юго-восточной части республики Нигер // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1997. № 6. С. 91–100.
14. Златопольский А.А. Методика измерения ориентационных характеристик данных дистанционного зондирования (технология LESSA) // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса. Вып. 5. Т. 1. М.: ООО «Азбука 2000». 2008. С. 102–112.
15. Изучение тектоники нефтегазоносных областей с использованием космических снимков / Амурский Г.И., Бондарева М.С., Кац Я.Г. и др. М.: Недра, 1985. 143 с.
16. Калинин А.А., Зверев А.Т. Методика поиска рудных месторождений на основе линеamentного анализа космических снимков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1997. № 1. С. 83–93.
17. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцев Э.Ф. Основы линеamentной тектоники. М.: Недра. 1986. 140 с.
18. Короновский Н.В., Брянцева Г.В., Гончаров М.А., Наймарк А.А., Копеев А.В. Линеamentы, планетарная трещиноватость и регматическая сеть: суть явлений и терминология // Геотектоника. 2014. № 2. С. 75–88.
19. Макаров В.И. Предварительная карта линеamentов территории СССР // Изв. вузов. Геология и разведка. 1978. № 10. С. 30–34.
20. Миловский Г.А., Денисова Е.А. и др. Космогеологическое прогнозирование газовых месторождений в междуречье Мессояха — Большая Хета (Таймырский автономный округ) // Исследования Земли из космоса. 2005. № 6. С. 69–74.
21. Миловский Г.А., Лебедев В.В., Ненадов Я.В. Региональное прогнозирование хромитового оруднения Корелии и Чукотки по космогеологическим данным // Исследования Земли из космоса. 2012. № 2. С. 24–27.
22. Моралес В.М., Пржиялговский Е.С., Шеремет О.Г. Цифровая обработка линеamentной сети выявленной по космическим снимкам, и прогноз золотой минерализации в системе зеленокаменных поясов // Исследования Земли из космоса. 1995. № 4. С. 45–53.
23. Нечаев Ю.В. Линеamentы и тектоническая раздробленность: Дистанционное изучение внутреннего строения литосферы // Под редакцией академика А.О. Глико. М.: ИФЗ РАН. 2010. 215 с.
24. Полетаев А.И. Линеamentный метод // Экологический вестник. 2001. № 3. С. 12–28.
25. Трифонов В.Г. 30 лет геологических исследований с помощью космических средств: тенденции, достижения, перспективы // Исследования Земли из космоса. 2010. № 1. С. 27–39.
26. Трофимов Д.М. Аэрокосмические исследования на поисковом этапе геологоразведочных работ на нефть и газ. М.: ИПК «Лаватера». 2010. 308 с.