

УДК 528.7; 528.711.1

КОСМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, АЭРОФОТОСЪЕМКА И ФОТОГРАММЕТРИЯ

ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ВОЛН — ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПУТЕМ ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА РАЗНОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Академик РАН, генеральный директор **В.Г. Бондур**¹,
профессор, доктор геолого-минерал. наук **А.Т. Зверев**²,
ст. инженер **А.Л. Зима**¹, мл. научный сотр. **Е.В. Гапонова**¹

¹Научный центр аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»

²Московский государственный университет геодезии и картографии

E mail: office@aerocosmos.info

Аннотация. В качестве индикаторов деформационных волн — предвестников землетрясений предложено использовать следующие статистические характеристики линеаментных систем, изменяющиеся при прохождении деформационной волны: отношения суммарных длин линеаментов разных направлений, розы-диаграммы региональных линеаментов, линии вытянутости роз-диаграмм локальных линеаментов. Методика их использования отработана на примере ряда катастрофических землетрясений, произошедших в 2000–2010 гг. в разных регионах мира. Появление деформационных волн наблюдается обычно за 1–3 месяца до землетрясения. Волны затухают примерно за те же 1–3 месяца после землетрясения. Деформационные волны можно использовать в качестве средне- и краткосрочных предвестников землетрясений.

Ключевые слова: сейсмоопасные территории, геодинамика, линеаменты, деформационные волны

Abstract. As indicators of deformation waves, earthquake precursors is proposed to use the following statistical characteristics of lineament systems changing during the passage of the strain waves: ratio of the total length of lineaments in different directions, rose diagrams of regional lineaments, lines of rose-diagrams elongation of local lineaments. Indicator methods had been approved in case study of the catastrophic earthquakes happened in 2000–2010 indifferent regions of the world. The appearance of bending waves is usually observed in 1–3 months before the earthquake. Waves attenuation in 1-3 months after the earthquake. Strain waves can be used as a medium- and shortterm earthquake precursors.

Keywords: seismic hazard areas, geodynamics, lineaments, strain wave

Введение. Подготовка тектонических землетрясений сопровождается перераспределением потенциальной энергии в упругой среде земной коры в виде распространения деформационных волн [1]. Временные перестройки полей напряжений и деформаций в коре перед землетрясениями зафиксированы по сейсмологическим данным [2, 3], по динамике линеаментных систем [4], геодезическим измерениям [5–7], геохимическим [8] и другим данным.

Изменение напряженно-деформированного состояния земной коры в период подготовки землетрясения исследуются нами путем автоматизированного линеаментного анализа разновременных космических изображений [1, 4, 9, 10]. Настоящая работа посвящена даль-

нейшему развитию метода линеаментного анализа с целью выявления предвестниковых закономерностей развития деформационных волн при землетрясениях по космическим изображениям.

Линеаменты, выявляемые при автоматизированной обработке космических изображений, имеют различную физическую природу [9]. Одни из них, наиболее стабильные (консервативные), связаны с линейными объектами (элементами) и спрямленными границами частей ландшафтов, различающихся по отражательным спектральным характеристикам. Такими линейными объектами являются валы, линейные складки, овраги, русла рек, дайки, дороги и т.п., а границами — границы лесов, полей,

лугов, стратиграфических толщ и т.п. Более динамичные линеаменты отражают чередование зон сжатия и растяжения земной коры. Их проявленность на космических изображениях (особенно в случае однородных ландшафтов) прямо зависит от влияния поля напряжения на геологическую среду. Наиболее благоприятные условия для проявленности линеаментов (зон, полос) возникают в случае интенсивного теплопереноса в зонах растяжения (зонах трещиноватости и разрывных нарушений). Теплоперенос из глубин к поверхности не остается постоянным. Наиболее интенсивен он в моменты возбуждения тектонической (сейсмотектонической) активности недр. Основываясь на данной закономерности, представляется возможность установления закономерных связей интенсивности теплопереноса и обусловленной ею степени проявленности линеаментов с сейсмичностью [9].

Индикатором деформационных волн-предвестников являлись закономерные (волнообразные) изменения статистических показателей линеаментов, выявляемых по космическим изображениям в период подготовки землетрясения и после него. В ранее опубликованных работах [4, 9, 10] в качестве такого индикатора использовалось изменение формы роз-диаграммы линеаментов в период подготовки землетрясения.

На примере катастрофических землетрясений в Калифорнии, Иране, Перу и в других регионах было показано наличие предвестниковой закономерности в изменении величин отношений суммарных длин линеаментов разных направлений и роз-диаграмм линеаментов за 1–3 месяца до землетрясения, которые достигают максимальных значений около 20 дней до толчка и сохраняется около 20 дней после него, а затем в течение 1–3 месяцев все возвращается к прежнему виду [1, 4, 9, 10]. Данная предвестниковая цикличность позволяет осуществить краткосрочный прогноз времени землетрясения, но не позволяет определить место землетрясения, т.к. статистические показатели не были прямо связаны с эпицентром землетрясения.

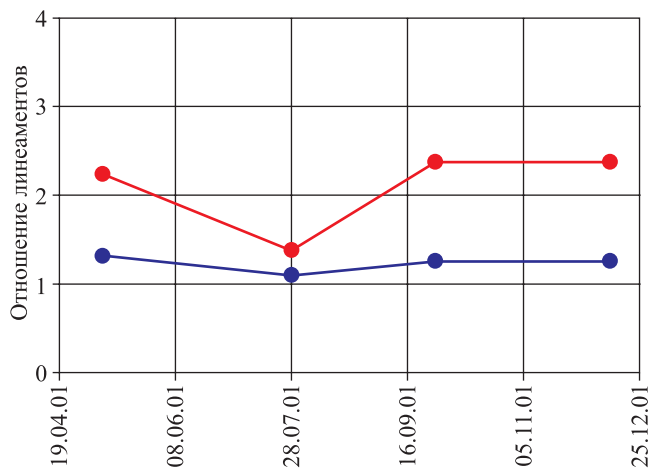
В настоящей работе использован дополнительный статистический показатель динамики линеаментных систем, позволивший в ряде случаев прогнозировать не только время землетрясения, но и место сейсмогенерирующе-

го разлома. В качестве такого статистического показателя – индикатора выступают линии вытянутости роз-диаграмм, построенные на основе осреднения направленности длинных осей роз-диаграмм штрихов (локальных линеаментов).

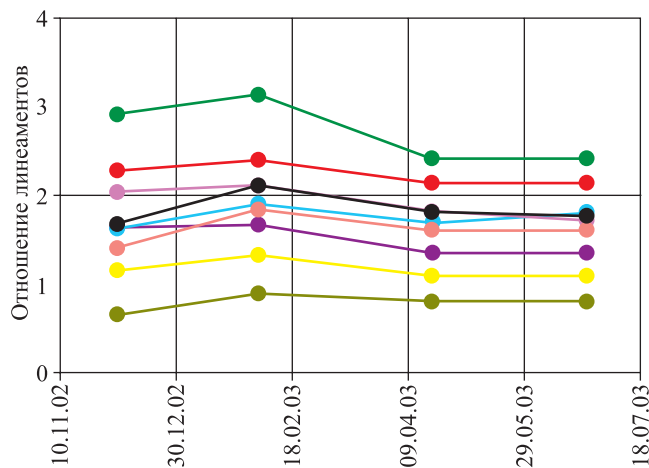
Методика проведения линеаментного анализа. Автоматизированный линеаментный анализ космических изображений с целью получения статистических показателей линеаментных систем проводился при помощи программного пакета LESSA [11]. Его технологической основой является выделение текстурных (ориентационных) характеристик рисунка данной области изображения по направлению линейных элементов (линий, границ).

Изучение ориентационных (текстурных) характеристик в программе LESSA начинается с выявления линейных элементов – спрямленных границ или линий, протяженностью в 5–10 пикселей. Эти элементарные линейные локальные элементы называются штрихами. Для каждого штриха (локального линеамента) определяется его направление с осреднением $22,5^\circ$, т.е. выделение штрихов происходит по восьми направлениям: $90; 67,5; 45; 22,5; 0; 337,5; 315; 292,5^\circ$ [10]. На рис. 1 приведены примеры предвестниковой цикличности изменения величины отношения суммарных длин штрихов разных направлений, выявленные при анализе трех землетрясений в Калифорнии с использованием четырех разновременных космических изображений для каждого из изученных землетрясений. Отношения, в которых предвестниковая цикличность не проявлена, на рисунке не показаны. Выделение штрихов разных направлений и отношений их суммарных длин выполнены на фрагментах изображения, полученного аппаратурой MODIS. Размер фрагментов во всех трех случаях составлял 500×500 пикселей, что на местности соответствовало 125×125 км.

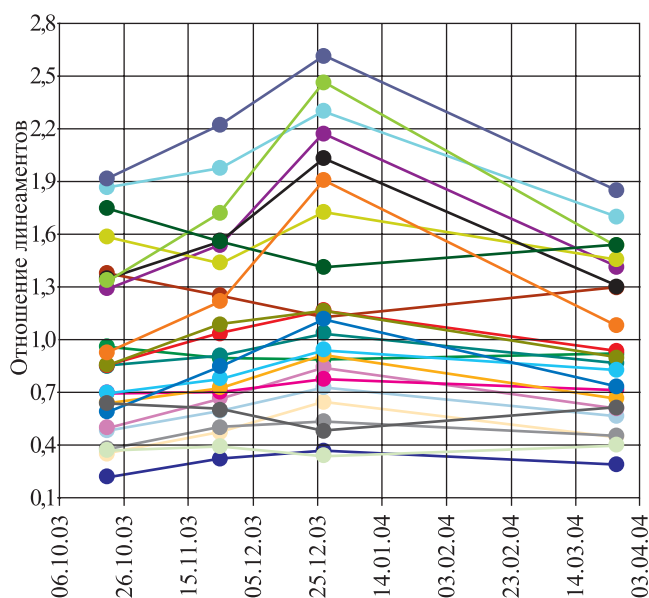
По отношению к общему количеству всех изученных отношений величин суммарных длин штрихов разных направлений, которое равно 28, количество отношений с выраженной предвестниковой цикличностью составило: для землетрясения в районе г. Сан-Симеон (2001) 7% (2 случая из 28), в районе г. Сан-Бернардино (2003) около 36% (10 случаев из 28), в районе г. Сан-Симеон (2003) 82% (23 случая из 28), то есть наблюдается четкая пря-



а



б



в

Рис. 1. Закономерное предвестниковое изменение величины отношений суммарных длин штрихов разных направлений при землетрясении в районе:

- а — г. Сан-Симеон (9 декабря 2001 г., магнитуда 4,2);
 - — $L90^\circ/L67^\circ$; ● — $L90^\circ/L22^\circ$;
- б — г. Сан-Бернардино (22 февраля 2003 г., магнитуда 5,2);
 - — $L90^\circ/L315^\circ$; ● — $L90^\circ/L293^\circ$;
 - — $L67^\circ/L338^\circ$; ● — $L67^\circ/L315^\circ$; ● — $L67^\circ/L293^\circ$;
 - — $L45^\circ/L338^\circ$; ● — $L45^\circ/L315^\circ$; ● — $L22^\circ/L0^\circ$;
 - — $L22^\circ/L338^\circ$; ● — $L22^\circ/L315^\circ$;
- в — г. Сан-Симеон (22 декабря 2003 г., магнитуда 6,5);
 - — $L90^\circ/L67^\circ$; ● — $L90^\circ/L45^\circ$; ● — $L90^\circ/L0^\circ$;
 - — $L90^\circ/L338^\circ$; ● — $L90^\circ/L315^\circ$; ● — $L90^\circ/L293^\circ$;
 - — $L67^\circ/L45^\circ$; ● — $L67^\circ/L22^\circ$; ● — $L67^\circ/L0^\circ$;
 - — $L67^\circ/L338^\circ$; ● — $L67^\circ/L315^\circ$; ● — $L67^\circ/L293^\circ$;
 - — $L45^\circ/L0^\circ$; ● — $L45^\circ/L338^\circ$; ● — $L45^\circ/L315^\circ$;
 - — $L45^\circ/L293^\circ$; ● — $L22^\circ/L0^\circ$; ● — $L22^\circ/L338^\circ$;
 - — $L22^\circ/L315^\circ$; ● — $L22^\circ/L293^\circ$; ● — $L0^\circ/L338^\circ$;
 - — $L338^\circ/L315^\circ$; ● — $L338^\circ/L293^\circ$; ● — $L315^\circ/L293^\circ$

мая зависимость предвестниковой интенсивности деформационных волн, сопровождающихся перестройкой структуры поля штрихов (локальных линеаментов) от энергетической характеристики землетрясения.

Результаты обработки космических изображений и их анализ. При изучении катастрофического землетрясения, состоявшегося в Перу (15 августа 2007 г., магнитуда 8,0) выявлено 57% (16 случаев из 28) отношений суммарных длин штрихов разных направлений, обладающих закономерным предвестниковым изменением величины, т.е. её закономерным увеличением (или уменьшением) при приближении к моменту события, затем постепенным её уменьшением (или увеличением) после землетрясения. Для сильного землетрясения в Иране вблизи г. Бам (26 декабря 2003 г., магни-

туда 6,6), выявлено 71% отношений с предвестниковым характером их изменения по отношению к моменту толчка, а для землетрясения вблизи г. Калининграда (21 сентября 2004 г., магнитуда 4,8–5,0) выявлено 43% отношений суммарных длин штрихов с предвестниковой цикличностью.

Как видим, чем сильнее землетрясение, тем в большей степени проявлена предвестниковая цикличность в изменении величин отношений суммарных длин линеаментов разных направлений, то есть данный статистический индикатор-предвестник указывает как на время, так и на силу землетрясения. Подобную информацию содержит и другой статистический показатель: розы-диаграммы сквозных (региональных) линеаментов. В отличие от них линии вытянутости роз-диаграмм локальных

линеаментов (штрихов) в целом ряде случаев позволяют установить пространственное положение сейсмогенерирующих разломов, т.е. локализовать прогноз места землетрясения.

На территории Калифорнии изучены шесть сильных землетрясений, произошедших 09.09.2001 г. ($M=4,2$), 22.02.2003 г. ($M=5,2$), 22.12.2003 г. ($M=6,5$), 28.09.2004 г. ($M=6,0$), 31.10.2007 г. ($M=5,6$), 29.07.2008 г. ($M=5,4$). Для всех изученных землетрясений характерна одна общая закономерность: при приближении к моменту землетрясения число проявленных (выраженных) на космических изображениях линеаментов разных направлений постепенно увеличивается. Но наиболее интенсивным ростом при этом обладают секущие линеаменты, которые ранее за 1–3 месяца до землетрясения и через 1–3 месяца после него были проявлены очень слабо.

На рис. 2, 3 приведены розы-диаграммы региональных линеаментов, схемы региональных линеаментов и линии вытянутости роз-диаграмм локальных линеаментов (штрихов). При данных сейсмических событиях четко выражена предвестниковая цикличность, выраженная в закономерном изменении проявленности систем региональных и локальных линеаментов при подготовке землетрясения и после него. При этом наибольшим изменениям, подвержены секущие линеаменты. За 1–3 месяца до землетрясения они проявлены на космическом изображении очень слабо. За 20 дней до события их количество резко возрастает и становится нередко даже больше по сравнению с согласными (СЗ-ЮВ) линеаментами. Через 1–3 месяца после землетрясения количество секущих линеаментов сокращается почти до 2 раз, хотя по-прежнему их еще достаточно много, но зато резко уменьшается через 1–3 месяца после землетрясения. Максимальная плотность продольных региональных линеаментов в период подготовки землетрясения характерна для прибрежных районов Тихого океана, отвечающих зоне разрыва Сан-Андреас.

Анализ схем линий вытянутости роз-диаграмм штрихов, полученных на период подготовки землетрясения, произошедшего 22 февраля 2003 г. показал увеличение анизотропии поля локальных линеаментов, что особенно четко проявлено в прибрежных районах. Если 4 декабря 2002 г. преобладала вытянутость роз-диаграмм штрихов ЮВ-СЗ направ-

лений, то за 20 дней до землетрясения 3 февраля 2003 г. отмечается целый ряд участков, на которых преобладали ЮЗ-СВ направления линий вытянутости роз-диаграмм, согласные с направлением Поперечных Хребтов и разрыва Горлока (см. рис. 2).

Таким образом, судя по розам-диаграммам сквозных линеаментов и линиям вытянутости штрихов, в период подготовки землетрясений наблюдается закономерная предвестниковая цикличность в степени их проявленности на космических изображениях, что обусловлено перестройкой поля напряжений и связанного с ним поля региональных и локальных деформаций.

Анализ линий вытянутости роз-диаграмм штрихов, полученных в период подготовки землетрясения 22 декабря 2003 г., показал значительную перестройку плана деформаций при подготовке землетрясения (рис. 3).

Наиболее заметно это выражено на схемах, полученных при обработке космических изображений 25 ноября и 27 декабря, особенно в южной и центральной частях района. Здесь господствующее ЮВ-СЗ направление линий вытянутости роз-диаграмм штрихов сменилось на субширотное и ЮЗ-СВ, согласное с направлением Поперечных Хребтов и разрывом Горлока соответственно. Примечательно то, что основная перестройка плана деформаций захватила лишь южный блок земной коры. Эпицентр землетрясения 22 декабря 2003 г. приурочен к границе раздела данных двух блоков с разной динамикой предвестниковых деформаций. Таким образом, исходя из полученных данных, появляется реальная возможность прогноза не только времени, но и места сейсмогенерирующего разлома, разделяющего блоки с разными планами предвестниковых деформаций.

Для землетрясения на территории Перу (27 января 2004 г., $M=5,2$) обработаны космические изображения, полученные начиная за 5 месяцев до землетрясения и 5 месяцев после него. При приближении к моменту землетрясения, судя по сквозным линеаментам и розам-диаграммам, происходит увеличение проявленности линеаментов северо-восточных направлений (рис. 4). Анализ рисунка линий вытянутости роз-диаграмм штрихов показывает, что за пять месяцев до землетрясения в районе четко выделяются два блока земной коры: юго-западный и северо-восточный. В юго-западном блоке линии вытянутости направле-

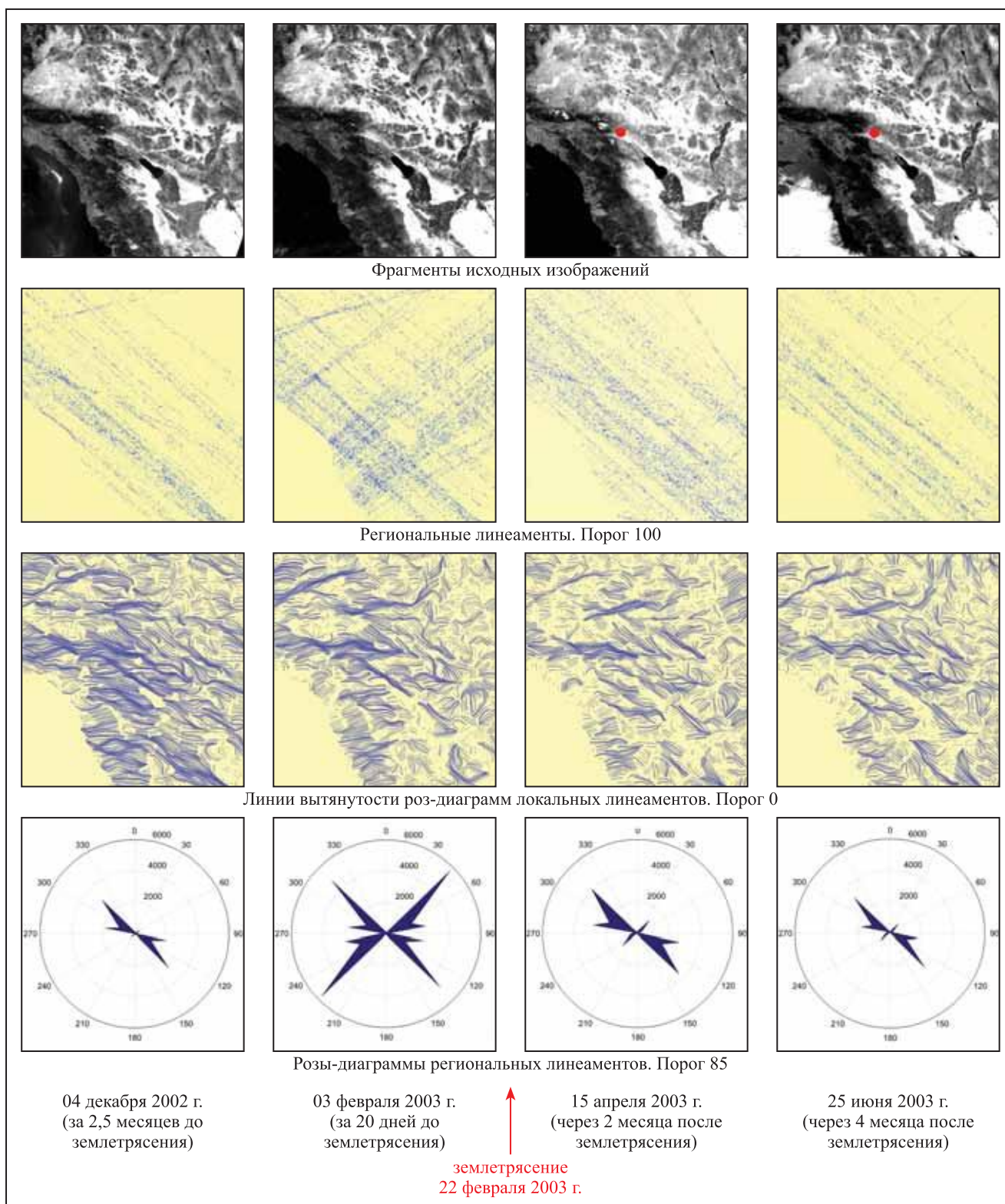


Рис. 2. Динамика систем локальных и региональных линеаментов, выявленных по космическим изображениям восточной части Поперечных Хребтов (район г. Сан-Бернардино) при землетрясении, состоявшемся 22 февраля 2003 г. (M=5,2)

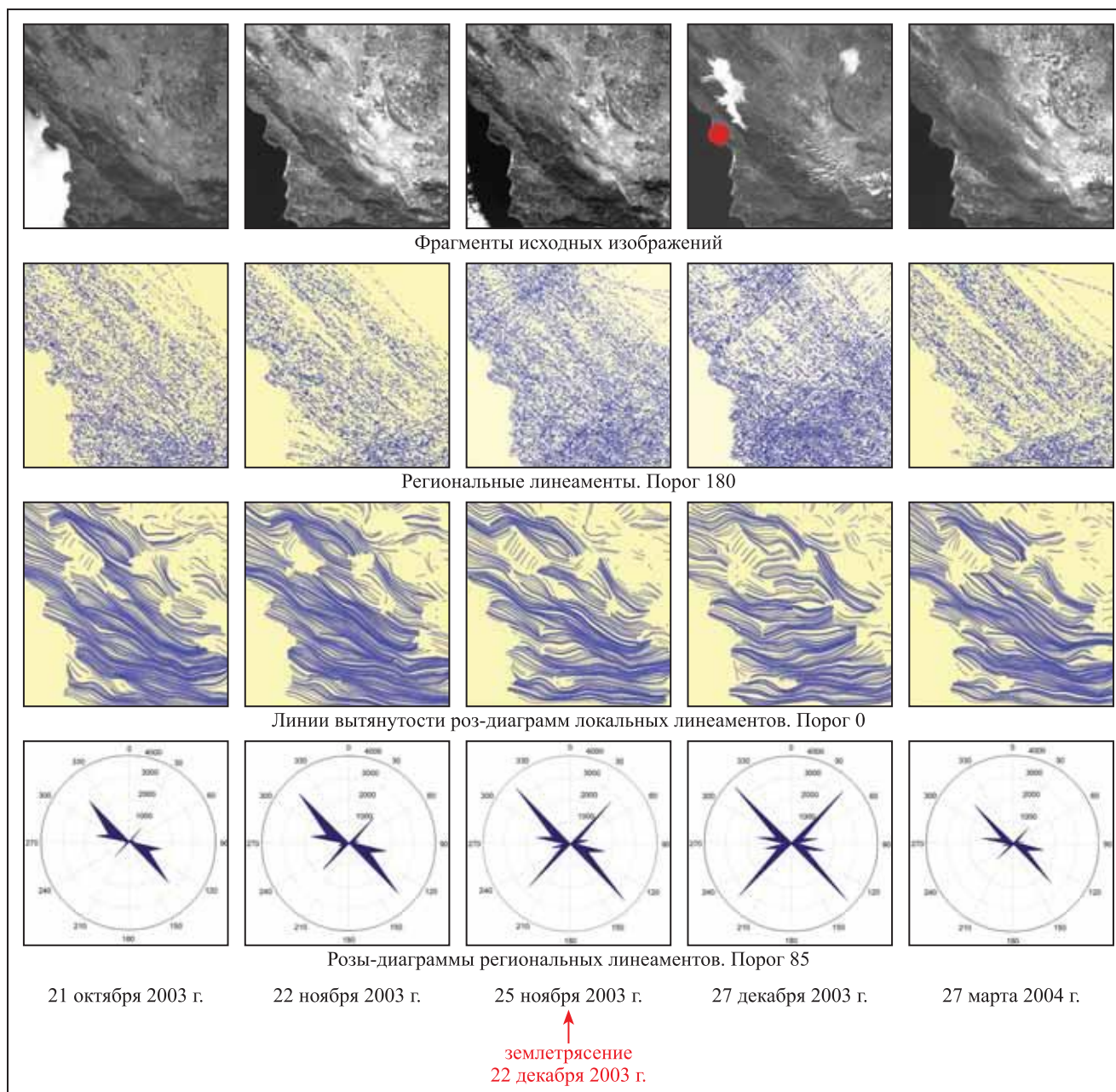


Рис. 3. Динамика систем локальных и региональных линеаментов, выявленных по космическим изображениям в период землетрясения, произошедшего 22 декабря 2003 г. вблизи г. Сан-Симеон ($M=6,5$)

ны к северо-востоку, а в северо-восточном – к северо-западу. За 4 месяца до события в северо-восточном блоке начинают проявляться линии вытянутости северо-восточных направлений (космическое изображение 2 октября 2003 г.).

В день землетрясения (27 января 2004 г.) граница между блоками практически исчезает, и линии вытянутости приобретают общее генеральное северо-восточное направление. Через 3 недели (изображение 16 февраля 2004 г.) в северо-восточном блоке вновь начинают по-

являться северо-западные направления линий вытянутости, которые через 3 месяца начинают преобладать и план деформаций возвращается к прежнему виду с четким разделением на два блока земной коры с разной ориентировкой систем локальных линеаментов. Подобная закономерная перестройка напряженно-деформированного состояния земной коры является предвестником подготовки землетрясения в данном регионе.

Для землетрясений, произошедших в Чили

(27 февраля 2010 г., $M=8,8$) и Мексике (2 апреля 2010 г., $M=7,2$) изменение систем линеаментов достаточно закономерно - наблюдается постепенный рост общего количества сквозных линеаментов, захвативший примерно в равной степени линеаменты всех направлений, то есть при этих землетрясениях увеличивалась интенсивность деформации, но план их развития был относительно постоянным.

Для землетрясения, состоявшегося 26 декабря 2003 г. ($M=6,6$) на территории центрального Ирана выполнен автоматизированный линеаментный анализ шести космических изображений, полученных в интервале време-

ни примерно за 3 месяца до события и через 2 месяца после него. Розы-диаграммы сквозных линеаментов показали, что степень проявленности линеаментов как в количественном, так и качественном отношении начинает изменяться за 3 месяца до землетрясения в Иране, достигая максимума за 11 дней до него. На космическом изображении, полученном 29 сентября, лучше проявлены (большее суммарное количество) линеаменты северо-западного направления ($SЗ 315^\circ$), согласные с направлением основных геологических структур данного региона. Однако при приближении к моменту толчка намечается рост количества северо-

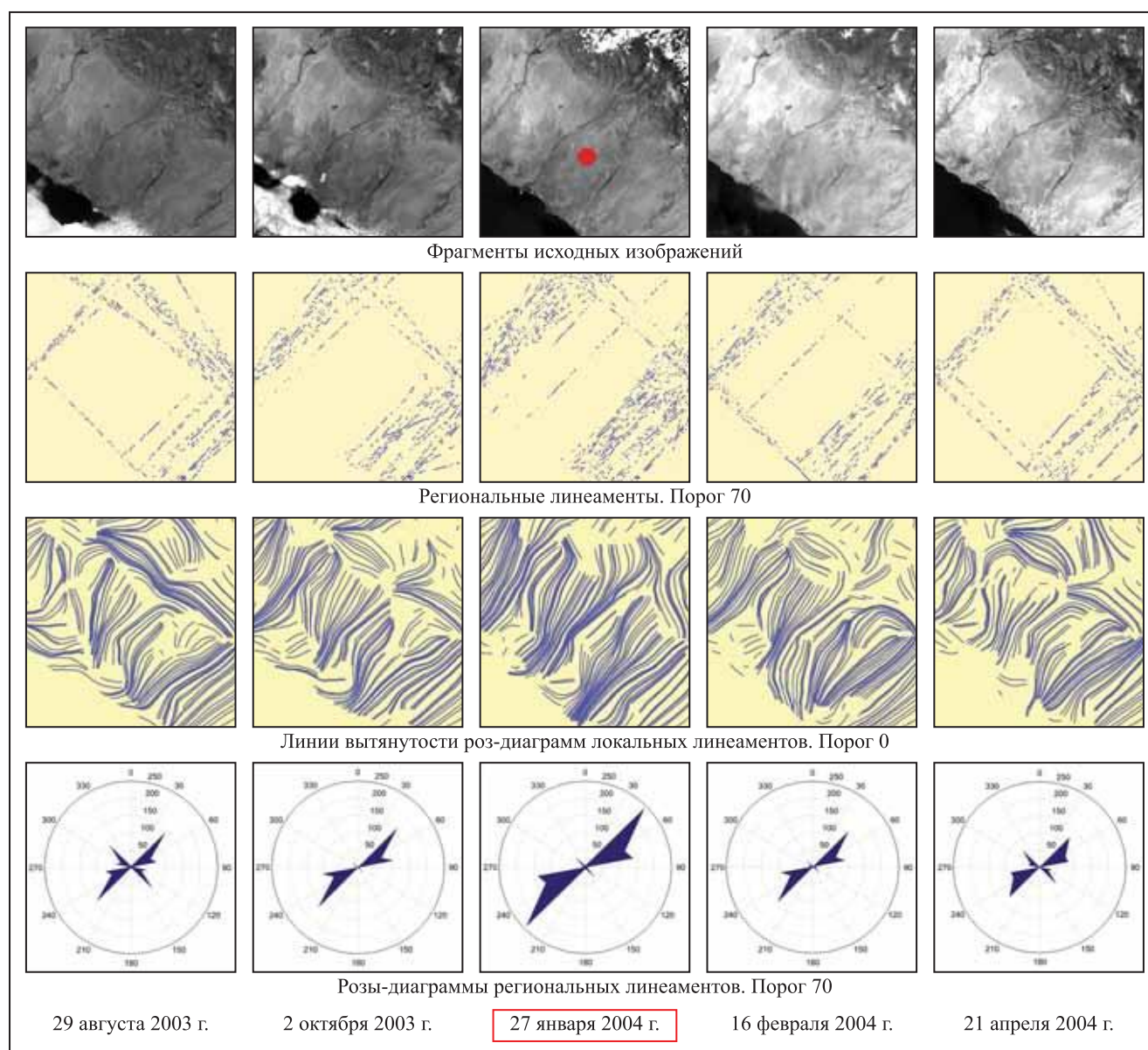


Рис. 4. Динамика систем локальных и региональных линеаментов, выявленных по космическим изображениям при землетрясении, состоявшемся в Перу 27 января 2004 г. ($M=5,2$)

восточных линеаментов. За 20 дней до землетрясения СВ-е линеаменты начинают преобладать над СЗ-и линеаменами. Примерно через 1 месяц после землетрясения системы линеаментов возвращаются на исходные позиции. Подобные изменения можно считать за предвестниковую цикличность изменения систем линеаментов в период подготовки землетрясения, обусловленную закономерным изменением поля напряжений и деформаций.

Для землетрясения, произошедшего на острове Гаити (12 января 2010 г., $M=7,0$) обработаны пять космических изображений, полученных начиная за 40 дней до землетрясения и заканчивая 26 дней после него. Количественные изменения сквозных линеаментов до землетрясения и после него незначительны. Изменение линий вытянутости роз-диаграмм локальных линеаментов более закономерно (рис. 5).

Если за 40 дней до толчка (2 декабря 2009 г.) их ориентировка отличалась достаточным разнообразием, то вблизи дня землетрясения (18 января 2010 г.) они приобрели явно преобладающую субширотную ориентировку, которая позже (28 января 2010 г.) начала возвращаться к исходному плану деформаций.

Заключение. Таким образом, изучение предвестниковых деформационных волн при

помощи статистических показателей динамики региональных и локальных систем линеаментов, выявляемым по разновременным космическим изображениям, позволяет осуществить как среднесрочный (1–3 месяца), так и краткосрочный (до 10–20 дней) прогноз землетрясений с указанием времени, а также положения сейсмогенерирующего разлома. Причиной достаточно высокоскоростной (дни, недели, месяцы) цикличности многих предвестников (деформационных, геофизических и др.), по видимому, являются флюиды, имеющие мантийное [12] и внутрикоровое [4,8,9] происхождение. Флюидогенный механизм землетрясений, связанный с механическим (в случае, если флюиды обладают давлением равным или более литостатического) и термическим воздействием на геологическую среду, а так же с их ролью в качестве смазочного вещества, снижающего трение блоков, является достаточно мобильным, чтобы изменить физические и химические поля внутри земной коры и вызвать развитие достаточно высокочастотных и высокоамплитудных предвестников в период подготовки землетрясения [9]. Другие механизмы (термические, магматические, конвективные, тектонические и т.д.) не столь мобильны и воздействуют на земную кору более про-

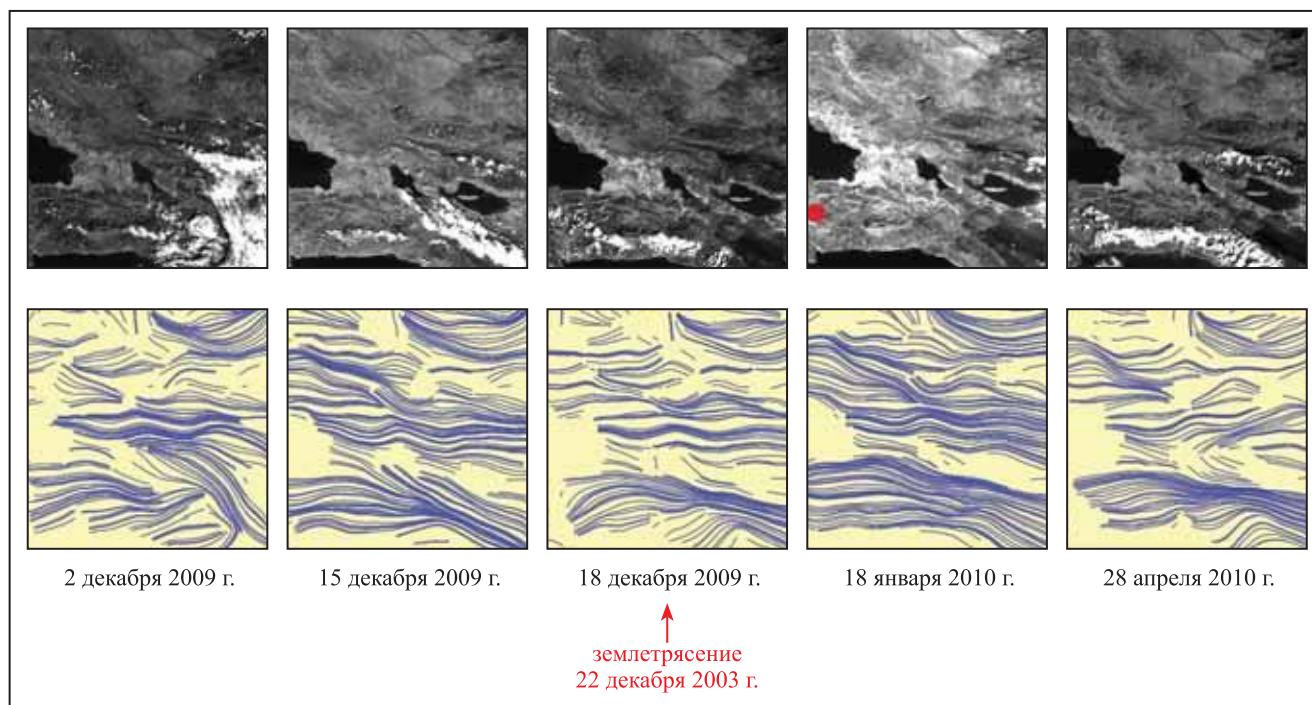


Рис. 5. Космические изображения и линии вытянутости роз-диаграмм штрихов при землетрясении на острове Гаити 12 января 2010 г. ($M=7,0$)

должительное время и более однонаправлены. Поэтому они не могут привести к достаточно быстрым флуктуациям сейсмических, геофизических, геохимических, деформационных, гидрогеологических, биологических и других предвестников.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондур В.Г., Кративин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. М.: Научный мир, 2009. – 594 с.
2. Базавлук Т.А., Юдахин Ф.Н. Деформационные волны в земной коре Тянь-Шаня по сейсмологическим данным // Доклады РАН. 1993. том 329. №5. – С. 565–570.
3. Киссин И.Г., Гюмен А.М. Гидрогеологические индикаторы современных движений земной коры в асейсмичном районе // Доклады РАН. 1994. Т.334. – №6. – С. 768–772.
4. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Метод прогнозирования землетрясений на основе линейного анализа космических изображений // Докл. Академии Наук. 2005. Т. 402. – №1. – С. 98–105.
5. Кузьмин Ю.О., Жуков В.С. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. – М.: Изд.

Московского государственного горного университета, 2004. – 262 с.

6. Никонов А.А. Землетрясение... (Прошлое, современность, прогноз). – М.: Знание 1984. – 192 с.

7. Певнев А.К. О неостребованных возможностях геодезического метода в проблеме прогноза землетрясений // Геодезия и картография. 2000. – №7. – С. 24–37.

8. Киссин И.Г. Флюиды в земной коре: геофизические и тектонические аспекты. – М.: Наука, 2009. – 328 с.

9. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Механизмы формирования линейных элементов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий. // Исследование Земли из космоса. – 2007. – №1. – С. 47–56.

10. Бондур В.Г., Зверев А.Т., Булатова А.Л., Гапонова Е.В., Цидилина М.Н. Автоматизированная обработка временных рядов космических изображений для исследования динамики линейных элементов с целью прогноза землетрясений // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2010. – № 4. – С. 69–77.

11. Златопольский А.А. Методика измерения ориентационных характеристик данных дистанционного зондирования (технология LESSA) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Вып. 5. Т. 1. – М.: ООО «Азбука-2000». – 2008. – С. 102–112.

12. Гуфельд И.Л. Физико-химическая механика сильных коровых землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 2008. – №1. – С. 62–65.

Поступила 1 марта 2011 г.

Рекомендована кафедрой
космического мониторинга МИИГАиК

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПУТЕМ НАРАЩИВАНИЯ ОДНОРОДНЫХ ОБЛАСТЕЙ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ КАРТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ВЬЕТНАМА

Аспирант Ву Зань Туен, аспирант Чинь Ле Хунг

Московский государственный университет геодезии и картографии

E-mail: vudanhtuyen_map@yahoo.com

Аннотация. Приведены результаты исследований эффективности применения метода наращивания однородных областей на многозональных космических изображениях для выделения видов использования земель во Вьетнаме. Определены спектральные диапазоны и оптимальные методы предварительной обработки, обеспечивающие решение этой задачи.

Ключевые слова: дешифрирование снимков, многозональная съемка, карты использования земель

Abstract. The authors introduce the outcomes of the effectiveness analysis of a method of building-up homogeneous regions on multispectral space imagery for interpretation the types of land use in Vietnam. Spectral ranges and optimal methods for pre-processing are identified, the result may be used as the problem solution.

Keywords: image interpretation, multi-spectral image, maps of land use

Общая площадь земель Вьетнама составляет около 32 924 700 га, в том числе площадь используемых земель 23 222 300 га. В настоящее время, в связи с развитием промышленных зон и населенных пунктов, площадь сельскохозяйственных и лесохозяйственных земель значительно уменьшается.

Создание карт использования земель Вьетнама по данным аэрофотосъемки было

выполнено в конце XX в. На всю территорию страны была создана карта использования земель масштаба 1: 100 000, которая к настоящему времени существенно устарела. Районные карты использования земель дают представление о состоянии земли на исследуемой территории и позволяют определить площади каждого типа используемых земель. К 2005 г. на карте Вьетнама практически не осталось бе-